차 례

참 고

자료

일화

머 리 말

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《기초과학을 발전시키는데도 힘을 넣어야 합니다. 기초과학을 발전시키지 않고서는 인민경제 여러 부문에서 나서는 과학기술적문제를 원만히 풀어나갈수 없습니다.》

끝없이 넓은 우주세계로부터 물질을 이루는 매우 작은 알갱이인 소립자세계에 이르기까지 물질의 운동은 끝없이 다양하고 복잡하다.

번개는 어떻게 일어나며 비가 온 뒤 생기는 아름다운 색갈의 무지개는 어떻게 비끼는가, 그리고 바람이나 흐르는 물이 전기를 일으켜 기계를 돌리는 리치는 무엇인가, 또 비행기는 어떻게 날고 배는 어떻게 떠다니는가 등 자연현상에 대한 의문은 끝이 없을것이다.

물리학은 이러한 자연현상들가운데서 공통적이면서도 기초로 되는 근본리치에 대하여 연구한다.

3학년 물리과목에서는 열현상과 전기현상, 소리와 빛현상, 에네르기에 대한 지식을 배우게 된다.

그러므로 우리는 물리적현상들의 근본리치를 파고들며 생활과 기술에 어떻게 하면 효과있게 리용할수 있겠는가를 생각하며 부단히 관찰하고 실험을 해보는 습관을 키워나가야 한다.

이와 함께 배운 지식을 활용하여 우리 주위에서 일어나는 자연현상들을 관찰하고 설명할수 있는 능력을 키워나가야 한다.

학생들은 열심히 공부하여 위대한 **김일성**조국, **김정일**장군님의 나라를 경애하는 **김정은**선생님의 령도따라 만방에 빛내여나가야 한다.

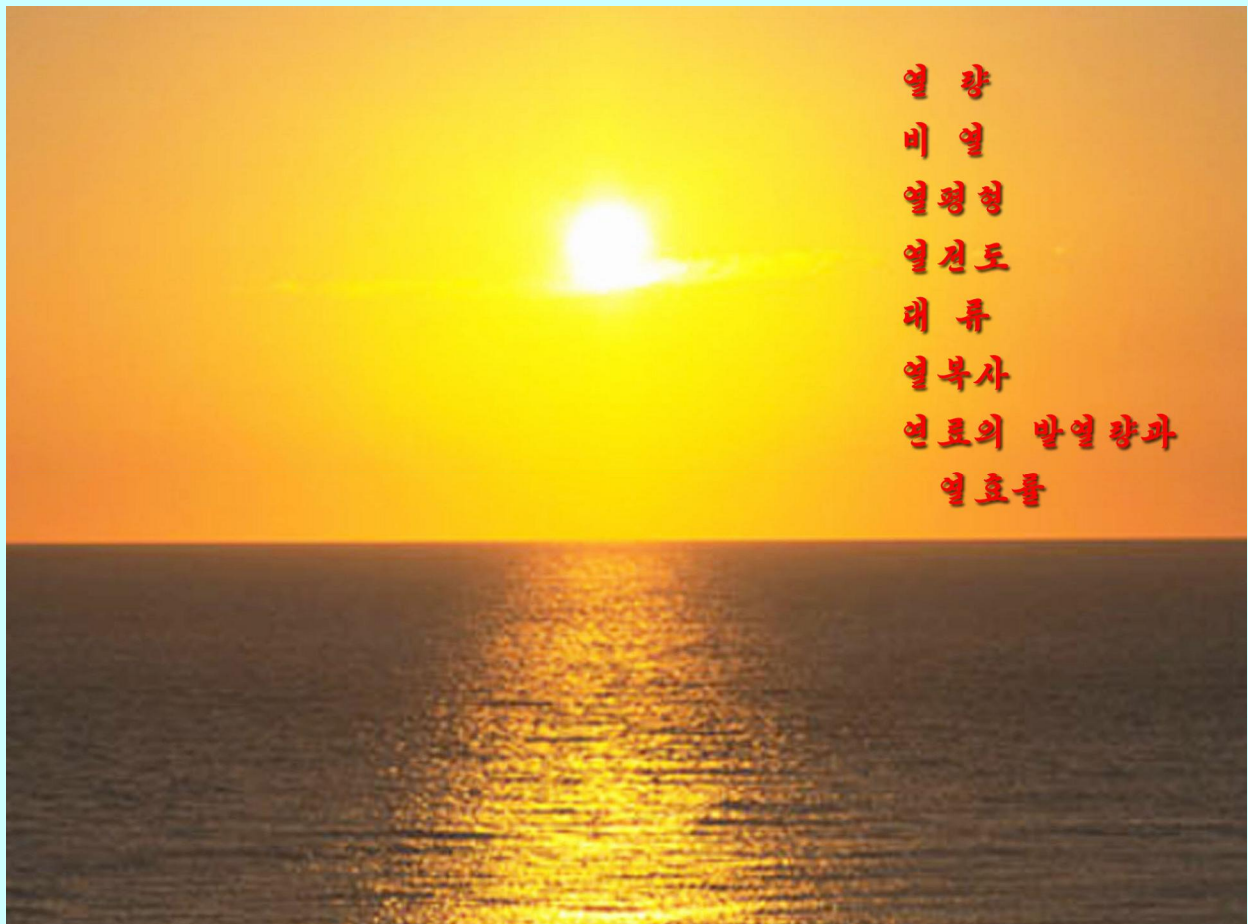
제1장. 열

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《열은 전력과 함께 현대산업의 기본동력이며 생산은 열관리사업으로부터 시작된다고 말할수 있습니다.》

위대한 수령 **김일성**대원수님께서 교시하신바와 같이 열은 전력과 함께 현대산업의 기본동력이다. 열과 전력이 없이는 생산의 발전에 대하여 생각할수 없다.

뿐만아니라 사람들의 일상생활에서 열은 겨울에 추위로부터 자신을 보호하며 여름에 지나친 더위를 막는것이라든가 음식물의 가공과 보관(랭동 및 랭장)에 이르기까지 자주 리용된다.

이 장에서는 열량과 비열이란 무엇이며 열평형상태에 대하여서와 열전달의 세가지 형태 및 발열량에 대하여 학습한다.

제1절. 열 량

열량이란 무엇인가

우리는 일상생활에서 열과 온도라는 말을 많이 쓴다. 실례로 체온계로 사람의 몸온도를 재여보고 《열이 있다.》 또는 《열이 없다.》고 말을 한다. 이 말의 의미가 옳은가.

사실 온도계로 재는것은 열이 아니라 온도이다.

그러면 열이란 무엇이며 열과 온도사이에는 어떤 관계가 있는가.

우리 둘레에는 더운 물체도 있고 찬 물체도 있다. 물체의 덥고 찬 정도는 온도라는 량으로 나타낸다. 어느 경우에 온도가 높은가.

실 험

○ 알콜등으로 플라스크에 넣은 물을 덥히면서 온도계의 눈금을 살핀다.(그림 1-1) 이때 온도계의 눈금값이 커진다.

○ 덥힌 플라스크의 물을 식히면서 온도계의 눈금을 살펴본다. 이때 온도계의 눈금값이 작아진다.

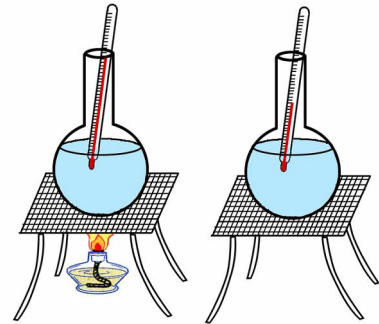



그림 1-1. 물을 가열하거나 식힐 때 온도가 변한다

실험을 통하여 물체를 덥히면 온도가 올라가고 식히면 온도가 내려간다는것을 알수 있다.

물체를 덥힐 때 물체에 열을 준다고 말하며 물체를 식힐 때 물체는 열을 내보낸다고 말한다.

따라서 <u>물체의 온도가 높아지면 열을 받았다고 말하고 온도가 낮아지면 열을 내보냈다고 말한다.</u>

<u>열은 물체의 온도를 변화시키는 원인들중의 하나이다.</u>

그러면 온도가 다른 두 물체를 맞대놓으면 열이 어떻게 전달되겠는가.

체온계를 털어서 온도를 36℃아래로 떨군 다음 몸에 대면 온도가 높은 몸(36.5℃)의 열이 온도가 낮은 체온계로 넘어간다. 이때 체온계는 열을 받았으므로 온도가 올라간다.

그림 1-2와 같이 금속그릇에 60℃정도로 덥힌 물 100g을 넣고 그것을 20℃정

도의 물 300g이 담긴 비커속에 넣은 다음 온도계를 설치하고 1min 간격으로 금속그릇과 비커속의 물온도를 각각 재여 그림 1-3과 같은 그라프를 그린다.

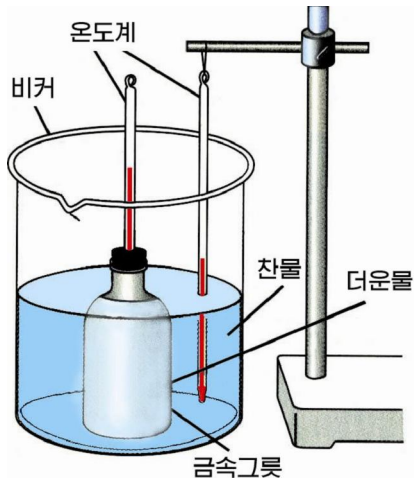



그림 1-2. 열은 더운물에서 찬물로 넘어간다

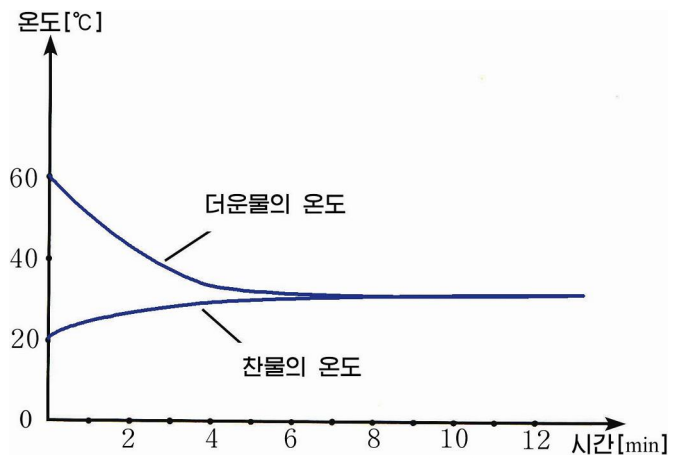



그림 1-3. 더운물과 찬물의 온도변화 그라프

시간이 지남에 따라 더운물의 온도는 내려가고 찬물의 온도는 올라가다가 나중에는 온도가 같아진다.

이때 더운 물체는 열을 내보내여 온도가 내려가며 찬 물체는 열을 받아서 온도가 올라간다. 이때 더운 물체에서 찬 물체에로 열이 전달된다.

즉 열은 온도가 높은 물체에서 온도가 낮은 물체에로 저절로 넘어간다.

접촉한 두 물체의 온도가 같아졌을 때 열의 전달은 멎는다.(그림 1-4) 이때의 온도를 **평형온도**라고 부른다.

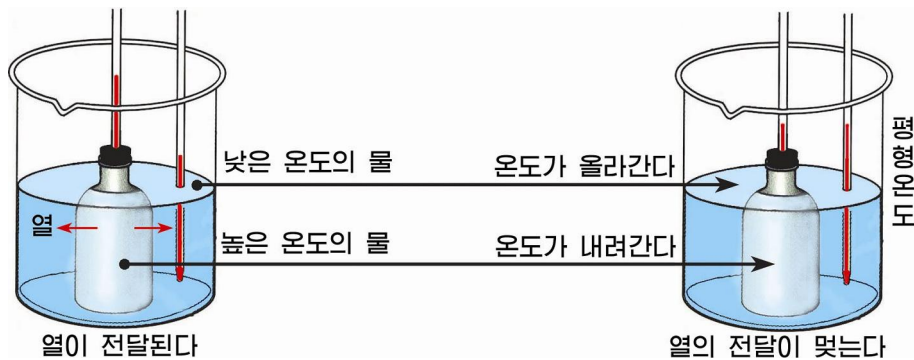



그림 1-4. 열전달과 온도변화

그리고 열이 전달될 때에 물체가 받거나 내보내는 열의 크기를 **열량**이라고 부른다.

열량의 단위

그러면 물체들이 서로 주고받는 열량을 무엇으로 잴수 있는가.

열은 석탄이나 석유, 나무가 탈 때 그리고 전기줄에 전기가 흐를 때 나오지만

일을 해서 열을 내게 할수도 있다.

자전거바퀴에 공기를 넣기 위하여 뽐프질을 세차게 할 때 뽐프에 손을 대보면 열이 난다.(그림 1-5)

그림 1-5. 일하면 열이 난다

톱으로 나무를 켜서 자르거나 천으로 동막대기를 쓸면 톱이나 동막대기가 뜨거워진다.(그림 1-6)

이처럼 물체는 열을 주어 덥힐수 있는것과 마찬가지로 일을 해주어 덥힐수도 있다.

이로부터 <u>물체에 열을 주는 대신 일을 해주어도 물체는 더워진다</u>는것을 알수 있다.

그러므로 <u>열량은 그와 맞먹는 일의 크기를 따져서 잴수 있다.</u>

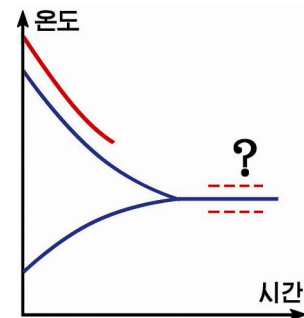
따라서 열량을 재는 단위는 일의 단위와 같은 단위를 쓴다. 즉 열량의 단위는 1J이다.

그림 1-6. 일을 해주면 물체의 온도는 높아진다

문 제

1. 앓는 어린이의 체온을 재보고 《열이 높으니 어서 열이 내리도록 약을 먹어라.》고 말하였다. 이 말이 옳은가? 왜 그런가?
2. 물체에 일을 해주어 열을 내게 할수 있지만 거꾸로 열을 주어 일을 하게 할수도 있겠는가? 그 실례를 3가지 들어보아라.
3. 그림 1-2에서 만일 더운물의 온도를 90℃로 올리고 실험하면 평형온도는 어떻게 되겠는가?(그림 1-7) 또한 더운물의 온도는 60℃로 그대로 두고 찬물의 량을 400g으로 보다 많이 넣고 실험하면 평형온도는 어떻게 되겠는가?

그림 1-7

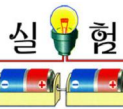
4. 더운 물체와 찬 물체를 맞대놓을 때 열을 가진 물질이 오고간다고 보면 어떤 모순이 있는가?

제 2 절. 비 열

물 1kg과 알루미니움 1kg에 꼭같은 열량을 주었을 때 알루미니움이 더 뜨겁다. 무엇때문인가를 보자.

비 열

맑게 개인 여름날 해수욕장에 나가보면 모래밭은 몹시 따가우나 바다물은 그렇지 않다는것을 알수 있다.(그림 1-8)

? 꼭같은 태양열을 받고있는데 모래밭과 바다물의 온도차이는 왜 생기는가.

그림 1-8. 해수욕장

○ 꼭같은 비커에 물과 기름을 각각 100g씩 담아놓는다.(그림 1-9)

○ 물과 기름에 꼭같은 전열기를 넣고 1min 간격으로 한번씩 저으면서 가열한다.(그림 1-10) 이때 물과 기름속에 넣은 온도계로 온도변화를 측정한다.

○ 어느 한쪽이 60℃가 되면 다른쪽의 온도도 읽고 가열을 중지한다.

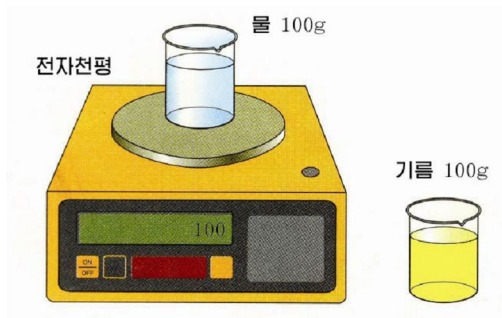



그림 1-9. 물과 기름의 질량을 꼭같게 한다

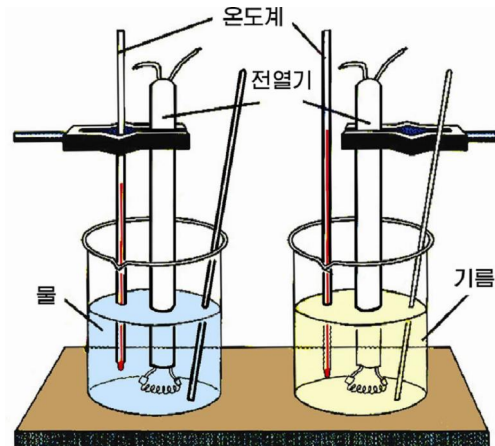



그림 1-10. 꼭같은 질량의 물과 기름에 꼭같은 열량을 준다

 실험할 때 60℃이상으로 가열하지 않도록 한다.

실험을 통하여 꼭같은 질량의 물체들을 가열할 때 꼭같은 열량을 주어도 물질의 종류에 따라 온도가 오르는 정도가 차이난다는것을 알수 있다.

물질에 따르는 이 차이를 표시하기 위하여 비열이라는 량을 쓴다.

물질 1kg의 온도를 1℃만큼 높이는데 필요한 열량을 물질의 **비열**이라고 부른다.

따라서 비열은 질량이 꼭같은 물질들을 같은 온도만큼 가열할 때 받아들이는 열량의 크기를 비교하는 량이다.

질량이 m 인 물질을 온도 t_1 에서 t_2 까지 높이는데 드는 열량을 Q 라고 하면 이 물질의 비열 c 는 다음과 같다.

$$비열 = \frac{열량}{질량(마지막온도-처음온도)}$$

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

모든 물질은 비열이 서로 다르므로 꼭같은 질량의 물질들에 꼭같은 열을 주어도 올라가는 온도가 서로 다르다. 즉 같은 질량의 물질들에 같은 열량을 주어도 물질의 비열이 클수록 온도가 적게 올라가고 물질의 비열이 작을수록 온도가 더 많이 올라간다.

또한 질량이 같은 물질들의 온도를 같은 온도차만큼 올리려면 물질의 비열이 클수록 더 많은 열량을 주어야 한다.(그림 1-11)

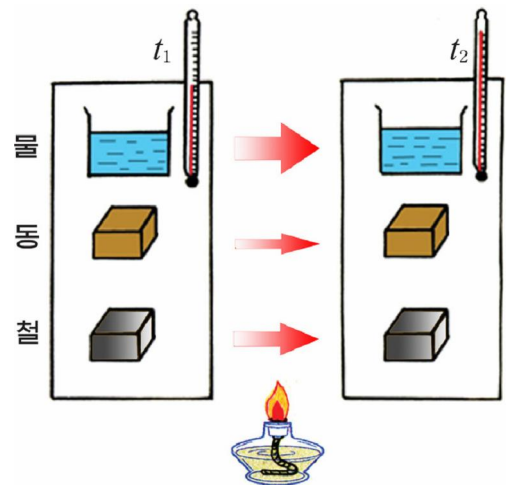



그림 1-11. 온도를 1℃ 높이는데 드는 열량은 물질(1kg)마다 다르다

비열의 단위

비열의 단위는 1J/(kg·℃)이다. 1J/(kg·℃)는 질량이 1kg인 물질의 온도를 1℃만큼 높이는데 1J의 열량이 드는 물질의 비열의 크기이다.

물 1kg의 온도를 1℃만큼 높이는데 4 200J의 열량이 필요하므로 물의 비열은 4 200J/(kg·℃)이다.

몇가지 물질의 비열은 다음과 같다.

몇가지 물질의 비열

물 질	비 열 [J/(kg·℃)]	물 질	비 열 [J/(kg·℃)]	물 질	비 열 [J/(kg·℃)]
물	4 200	금	130	콩크리트	840
공 기	1 007	연	160	폴리에틸렌	2 180
얼 음	2 060	수 은	140	파라핀	2 100
나 무	1 260	철	460	종 이	1 260
모 래	796	동	390	유 리	630
		알루미니움	900	대리석	880

비열표에서 알수 있는것처럼 물의 비열은 다른 물질보다 특별히 크다. 이것은 물이 잘 덥혀지지 않으며 또 잘 식지도 않는다는것을 의미한다.

따라서 무더운 여름날 바다가나 호수가의 모래는 뜨거워도 물은 시원하다.

금속은 비열이 작기때문에 쉽게 덥혀지고 빨리 식는다.

문 제

1. 비열표를 보고 다음 물음에 대답하여라.
   ㄱ) 철의 비열이 《460J/(kg·℃)》라고 하는것은 무엇을 의미하는가?
   ㄴ) 질량이 같은 물질에 꼭같은 열량을 주었을 때 온도가 제일 많이 높아지는 물질과 제일 적게 높아지는 물질을 지적하여라.
   ㄷ) 동과 알루미니움덩어리를 같은 열량으로 같은 온도만큼 덥혔다면 어느 덩어리의 질량이 더 크겠는가?
2. 난방에 더운물을 쓰는것은 무엇때문인가?
3. 다음의 문장이 옳은가 틀리는가를 판단하여라.
   ㄱ) 두 물체가 같은 열량을 받은 후에 올라간 온도가 같다면 그 질량들은 반드시 다르다.
   ㄴ) 두 물체가 열을 받고 올라간 온도가 모두 같을 때 이 두 물체의 비열은 반드시 같다.
   ㄷ) 뻐스발동기의 방열기에서는 물을 랭각수로 쓴다. 이것은 물의 비열이 크기때문이다.
4. 기계기름 2L를 15℃에서 35℃까지 덥히는데 75.6kJ의 열량이 소비되였다. 기름의 비열은 얼마인가? 기름의 밀도는 900kg/m^3이다.

제3절. 열 평 형

서로 다른 온도를 가진 물체들을 맞대놓을 때 주고받는 열량의 크기는 어떻게 구하며 평형온도는 어떻게 구하겠는가를 보자.

열량계산

물체들이 주고받는 열량은 어떻게 계산하겠는가.(그림 1-12)

비열이 c 인 물질 1kg의 온도를 1℃만큼 올리는데 드는 열량은 $1\times c$ 이다. 만일 3℃만큼 올린다면 $3\times c$ 의 열량이 필요하다.

그러나 같은 물질 4kg의 온도를 1℃만큼 올린다면 $4\times c$ 의 열량이 필요하다.

따라서 비열이 c 인 물질 4kg의 온도를 3℃만큼 올리는데 드는 열량은 $3\times 4\times c = 12\times c$ 이다.

이로부터 비열이 c 이고 질량이 m 인 물질의 온도를 t 만큼 올리는데 필요한 열량은 cmt 와 같다는것을 알수 있다.

다시말하여 가열되는 물체가 받는 열량 Q 는 물질의 비열 c, 질량 m 과 가열에 의한 온도변화 $t_2 - t_1$ 를 곱한것과 같다. 즉

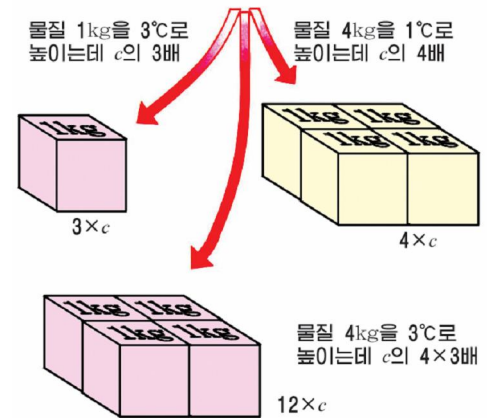
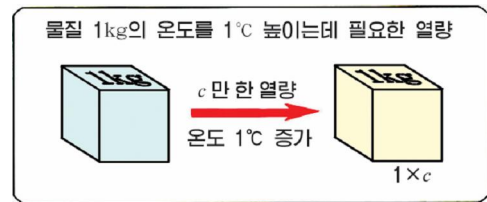



그림 1-12. 열량계산방법

열량 = 비열×질량×(마지막온도-처음온도)

$$Q = cm(t_2 - t_1)$$

이 식은 물체가 식으면서 내주는 열량을 계산하는데도 그대로 쓴다. 다만 온도변화가 처음온도에서 마지막온도를 던것과 같다.

열 평 형

더운물에 찬물을 섞거나 뜨거운 쇠붙이를 찬물속에 집어넣으면 더운것은 식고 찬것은 더워진다. 오랜 시간이 지나면 마지막에 온도가 같아져 둘다 평형온도에 이른다.

이처럼 온도가 서로 다른 여러개의 물체들을 오래동안 맞대놓으면 나중에 온도

가 다 같아져 평형온도로 될 때 이 물체들은 **열평형을 이루었다**고 말한다.

그러면 더운 물체가 식으면서 평형온도로 될 때 내놓은 열량과 찬 물체가 더워지면서 평형온도로 될 때 받은 열량의 크기는 같겠는가 다르겠는가.

○ 물 200g을 열량계(외부와 열이동이 차단된 그릇)속에 넣고 50℃까지 젓개로 저어주면서 가열한 다음 여기에 온도가 20℃인 찬물 100g을 넣는다.(그림 1-13)

○ 젓개로 저어 물을 섞으면서 온도의 변화를 살피다가 평형온도를 잰다. 이때 평형온도가 40℃에 이른다.

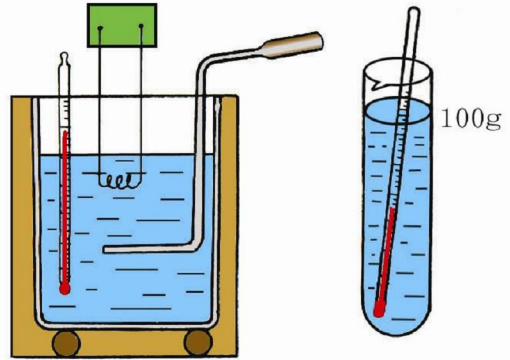



그림 1-13. 더운물과 찬물이 주고받는 열량계산실험

이 실험에서 더운물이 잃은 열량을 계산해보면

$$Q_1 = cm_1(t_1 - t_{평}) = 4\ 200 \times 0.2 \times (50-40) = 8\ 400(\mathrm{J})$$

찬물이 받은 열량을 계산해보면

$$Q_2 = cm_2(t_{평} - t_2) = 4\ 200 \times 0.1 \times (40-20) = 8\ 400(\mathrm{J})$$

이로부터 더운 물체에서 찬 물체에로 열이 넘어갈 때 내준 열량과 받은 열량은 크기가 같다는것을 알수 있다.

비열이 서로 다른 물체들이 온도차가 있을 때 맞대놓으면 어떻게 되겠는가.

비열 c_1, 질량 m_1, 온도 t_1인 더운 물체와 비열 c_2, 질량 m_2, 온도 t_2인 찬 물체를 맞대놓았을 때 열평형이 이루어져 평형온도가 $t_{평}$으로 되였다고 하면

더운 물체가 내준 열량은

$$Q_1 = c_1 m_1 (t_1 - t_{평})$$

이고 찬 물체가 받은 열량은

$$Q_2 = c_2 m_2 (t_{평} - t_2)$$

이다. 이때 두 물체가 주고받은 열량은 같으므로 즉 $Q_1 = Q_2$이므로

$$c_1m_1(t_1-t_{평})=c_2m_2(t_{평}-t_2)$$

이 식을 **열평형방정식**이라고 부른다.

⚠ 온도가 서로 다른 둘이상의 여러개의 물체들을 맞대놓을 때 평형온도 $t_{평}$으로 열평형을 이루었다면 $t_{평}$보다 높은 온도를 가진 물체들이 내놓은 열량들의 합은 $t_{평}$보다 낮은 온도를 가진 물체들이 받은 열량들의 합과 크기가 같다.

[례제 1] 온도가 400℃인 동 100g을 온도가 20℃인 300g의 물속에 넣었다. 열평형온도를 구하여라.

풀이. 주어진것: m_1=0.1kg, m_2 =0.3kg

t_1=400℃, t_2=20℃

c_1=390J/(kg·℃), c_2=4 200J/(kg·℃)

구하는것: $t_{평}$?

$$c_1m_1(t_1-t_{평})=c_2m_2(t_{평}-t_2)$$

$$t_{평}=\frac{c_1m_1t_1+c_2m_2t_2}{c_1m_1+c_2m_2}=\frac{390\times0.1\times400+4\ 200\times0.3\times20}{390\times0.1+4\ 200\times0.3}=31.4(℃)$$

답. 31.4℃

[례제 2] 20℃인 물 10kg, 40℃인 물 20kg, 100℃인 물 50kg을 함께 섞었다. 열손실을 계산하지 않는다면 섞은 후의 온도는 얼마이겠는가?

풀이방향. 40℃의 물은 열을 받았는지 내놓았는지 알수 없으므로 어느 한 경우로 가정하고 열평형방정식을 세운다. 그리고 방정식으로부터 얻어진 결과가 가정과 옳은가를 따져본다.

풀이. 주어진것: t_1=20℃, m_1=10kg

t_2=40℃, m_2=20kg

t_3=100℃, m_3=50kg

구하는것: $t_{평}$?

40℃의 물이 열을 받았다고 가정하자. 이때 열평형방정식을 세우면

$$Q_1+Q_2=Q_3$$

이므로

$$cm_1(t_{평}-t_1)+cm_2(t_{평}-t_2)=cm_3(t_3-t_{평})$$

$$m_1t_{평}+m_2t_{평}+m_3t_{평}=m_3t_3+m_1t_1+m_2t_2$$

$$t_{평} = \frac{m_1t_1 + m_2t_2 + m_3t_3}{m_1 + m_2 + m_3} = \frac{10 \cdot 20 + 20 \cdot 40 + 50 \cdot 100}{10 + 20 + 50} = \frac{6\ 000}{80} = 75\ (^\circ C)$$

$t_{평}$=75℃>40℃이므로 열을 받았다고 가정한것이 옳다.

40℃의 물이 열을 내보낸다고 가정하여도 얻어지는 결과는 같다.

답. 75℃

문 제

1. 온도가 같은 큰 철덩이와 작은 철덩이가 있다. 두 철덩이를 맞붙여놓으면 열이 한 철덩이에서 다른 철덩이로 전달되겠는가?
2. 겨울에 방을 일정한 온도로 유지하기 위하여 1h당 대략 4 200kJ의 열량이 필요하다. 방열기로 들어오는 더운물의 온도가 80℃이고 방열기를 돌고나갈 때 72℃라고 하면 매 1min당 방열기에 얼마만한 물을 공급해야 하는가?
3. 4개의 물고뿌 A, B, C, D가 있는데 질량이 각각 1kg, 2kg, 3kg, 4kg이고 처음 온도는 각각 0℃, 20℃, 40℃, 60℃이다. 만일 이것들을 모두 100℃까지 가열시킨다면 고뿌가 흡수한 열량을 무시할 때 그것들중에서 열을 가장 많이 받은 물고뿌는 어느것인가?
4. 어항에 14℃의 물이 20L 있다. 어항의 물의 온도를 20℃ 되게 하려면 40℃의 물을 얼마나 넣어야 하는가?

제4절. 열 전 도

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리에게는 불을 조금만 때도 방안을 덥힐수 있는 살림집설계가 요구됩니다.》

위대한 수령님의 유훈을 철저히 관철하려면 열이 전달되는 형태들과 원리를 잘 알고 방안으로는 열이 잘 전달되게 하고 밖으로는 열이 잘 나가지 못하게 막는 방도를 찾아내야 한다.

물체들사이에서 열의 전달은 열전도, 대류, 열복사의 세가지 형태로 일어난다.

열전도현상

열전도에 의한 열전달은 어떻게 진행되는가를 보자.

? 금속숟가락의 한끝을 뜨거운 물속에 잠그면 다른 끝이 더워지는것을 느낀다. 왜 더워지는가.

○ 철막대기의 한쪽 끝을 손으로 잡고 다른쪽 끝을 가열하면 얼마후에 손을 쥔 쪽 끝이 뜨거워진다.(그림 1-14)

○ 그림 1-15와 같이 동막대기에 성냥가치를 파라핀으로 녹여붙이고 동막대기의 한끝을 알콜등으로 덥힌다. 이때 알콜등에 가까운쪽으로부터 파라핀이 녹으면서 성냥가치들이 차례로 떨어진다.

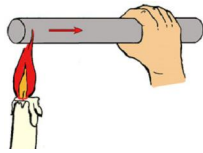



그림 1-14. 철막대기를 통한 열전도

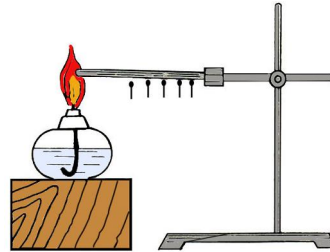



그림 1-15. 더운 끝에서 찬 끝으로 열이 동막대기를 따라 전달된다

실험을 통하여 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 열이 물질을 따라 차례로 전달된다는 것을 알수 있다.

온도가 높은 부분에서 낮은 부분으로 물질을 따라 열이 전달되여가는 현상을 **열전도**라고 부른다.

그리고 열전도가 잘되는 물질을 **열전도체**, 열전도가 잘되지 않는 물질을 **열절연체**라고 부른다.

물질속에서 열전도는 어떻게 일어나는가.

그림 1-16과 같이 물체의 한쪽을 가열하면 그 부분의 분자(또는 원자)들의 열운동이 활발해진다. 즉 더운쪽 분자들이 보다 빨리 세차게 떨기운동한다.

이 운동은 물질을 따라 이웃 분자들에로 전달되여 그것들을 보다 활발히 떨기운동시킨다. 결과 물체의 다른쪽이 점차 더워진다.

이와 같이 열전도는 물체의 온도가 높은 쪽에서 낮은쪽으로 분자들의 세찬 열운동이

그림 1-16. 열전도과정

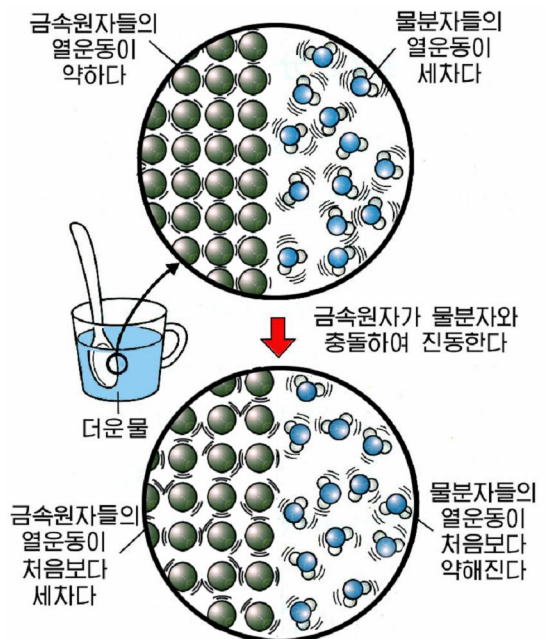



그림 1-17. 뜨거운 물속에 넣은 숟가락이 더워지는 리치

점차 전달되여가는 과정이다.

금속숟가락의 한끝을 뜨거운 물속에 잠글 때 금속숟가락이 점점 뜨거워지는것은 뜨거운 물분자들의 세찬 열운동이 금속숟가락을 이룬 금속원자들의 열운동을 세차게 한 결과이다.(그림 1-17)

여러가지 물질의 열전도

어떤 물질에서 열전도가 더 빨리 일어나겠는가.

○ 굵기가 같은 유리, 철, 동막대기의 한끝에 성냥가치들을 각각 파라핀으로 녹여붙인다.

○ 다른쪽 끝들을 맞대놓고 가열하면서 성냥가치들이 어떻게 떨어지는가를 살펴본다.(그림 1-18) 이때 동막대기에 붙은 성냥가치들이 먼저 떨어지고 유리막대기에 붙은 성냥가치들이 맨 마지막에 떨어진다.

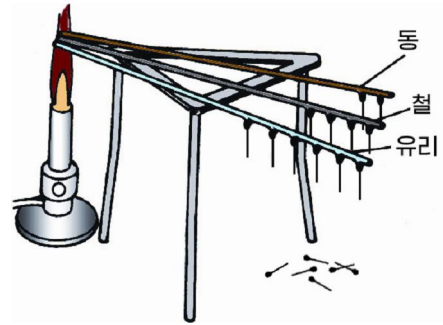



그림 1-18. 철, 동, 유리의 열전도비교

실험을 통하여 철보다 동에서 열전도가 더 빨리 일어나고 유리에서는 열전도가 매우 느리게 진행된다는것을 알수 있다.

이와 같이 열전도는 동이나 철과 같은 금속에서는 빠르게 일어나고 나무나 유리 같은 비금속에서는 천천히 일어난다.

해보기

물이 든 시험관의 바닥에 얼음을 넣고 쇠그물로 막은 다음 웃부분을 가열하여보아라.(그림 1-19) 물은 끓는데 왜 얼음은 쉽게 녹지 않는가?

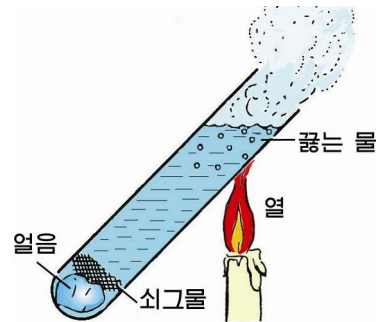



그림 1-19. 물은 열전도가 잘되지 않는다

특히 물과 공기에서는 열전도가 잘되지 않는다.

공기를 비롯한 기체는 매우 좋은 열절연체이다. 그것은 기체분자들사이의 거리가 멀어서 호상작용이 거의 없으므로 열운동이 잘 전달되지 못하기때문이다.

열전도체와 열절연체

열전도체	열절연체
은 동 알루미니움 철 규 소 흑연(탄소)	유 리 물 합성수지 고 무 모 직 거품수지 공 기

열전도체와 열절연체의 리용

가마나 남비는 열전도성이 좋은 열전도체로 만들며 거기에 달린 손잡이는 열전도성이 나쁜 열절연체로 만든다.(그림 1-20)

공기를 리용하여 건물안의 열이 밖으로 나가는것을 막는다.(그림 1-21)

또한 겨울에 쓰이는 보온밥통이나 여름에 쓰이는 얼음통은 공기가 많이 들어있는 거품수지를 리용하여 만들기도 한다.

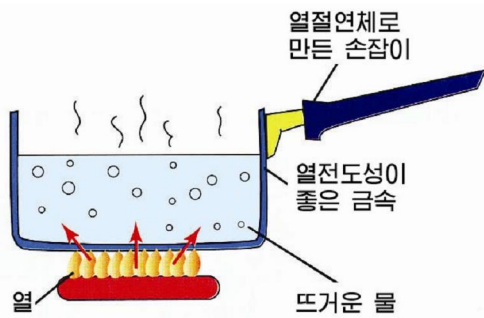



그림 1-20. 열전도체와 열절연체가 리용된 남비

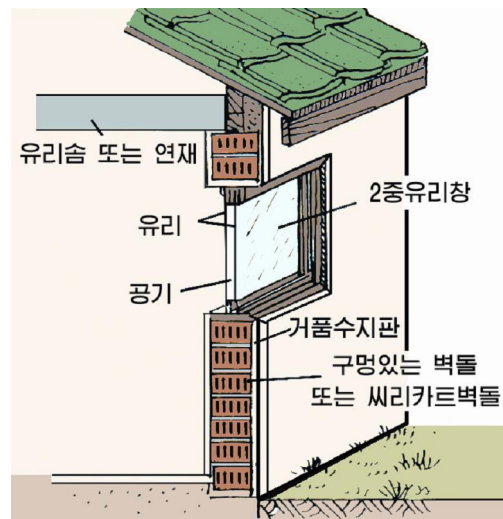



그림 1-21. 공기를 리용하여 열손실을 막는 건물

생각하기 겨울철에 밖에 있는 철판에 손을 대보면 차지만 거품수지판에 손을 대보면 그렇게 차지 않다.(그림 1-22) 왜 그런가?

그림 1-22

문 제

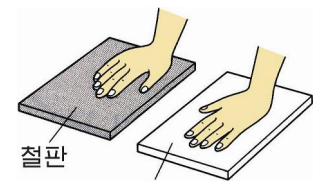



그림 1-23

1. 전기인두를 살펴보고 열전도체와 열절연체가 어떻게 리용되였는가를 설명하여라.(그림 1-23)
2. 물질이 없는 빈 공간 즉 진공속에서도 온도가 높은 곳으로부터 낮은 곳으로 열전도가 일어나겠는가?
3. 열전도가 일어날 때 물체의 한 끝에서 다른 끝에로 물질의 분자나 원자가 이동하는가 안하는가? 왜 그렇게 말할수 있는가?
4. 추운 겨울날 이른새벽에 아침운동을 할 때 철봉에 매달릴 때와 륵목에 매달릴 때 어느 경우에 더 차게 느껴지겠는가? 철봉과 륵목가운데서 어느것의 온도가 더 높겠는가?

제5절. 대 류

가마에 물을 넣고 가마밑을 가열하거나 방안의 방바닥을 덥히면 가마의 물과 방안의 공기가 골고루 더워진다. 그 리치는 무엇인가에 대하여 보자.

대류현상

앞의 그림 1-19에서와 같이 물이 담긴 시험관의 웃부분을 가열하면 우의 물은 인차 끓지만 아래부분의 물은 오래동안 차다. 그러나 시험관의 아래부분을 가열하면 어떻게 되겠는가.

○ 플라스크에 물을 넣고 거기에 보드라운 톱밥을 조금 넣은 다음 그것을 그림 1-24와 같이 알콜등우에 올려놓고 밑으로부터 덥히면서 물의 흐름을 관찰한다. 이때 톱밥은 가운데부분에서 우로 올라가 주변을 따라 내려온다.

○ 그림 1-25와 같은 실험장치에서 종이와 양초를 두 유리관의 아래, 우에서 각각 태우고 연기의 흐름을 관찰한다. 이때 초불연기가 우로 올라가고 종이타는 연기는 아래로 내려온다.

실험은 밑에서 더워진 물이나 연기는 우로 올리흐르고 우에서 식어진 찬물이나 연기는 아래로 내리흐른다는것을 보여준다.

이러한 흐름은 다른 액체나 기체속에서도 일어난다.

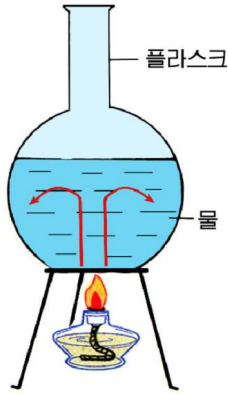



그림 1-24. 액체속에서의 대류

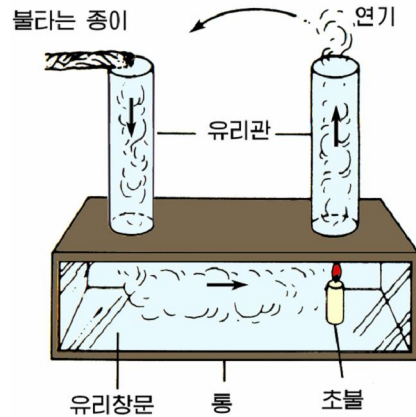



그림 1-25. 기체속에서의 대류

이처럼 액체나 기체에서 더워진 부분이 우로 흐르고 우에 있던 찬 부분이 아래로 흐르는 현상을 **대류**라고 부른다.

대류가 일어날 때 밑에서 더워진 물질이 올리흐르고 찬 물질이 내리흐르는 과정이 되풀이되면서 열이 전달되여 물질전체가 골고루 더워진다.

대류는 액체나 기체와 같이 흐르는 성질을 가진 물질속에서만 일어나고 고체속에서는 일어나지 못한다.

대류현상은 왜 일어나겠는가.

물질의 아래부분을 가열하면 더워지면서 물질알갱이들의 열운동이 보다 활발해져 체적이 커지므로 단위체적안의 알갱이들의 수가 작아진다. 즉 열을 받는 아래부분의 밀도가 작아진다. 이때 밀도가 작아진 부분은 가벼워지므로 우로 올라가고 그 자리에 찬 물질이 들어온다. 우로 올라간 물질은 우에서 식으므로 밀도가 커져 다시 주변을 따라 아래로 내려온다.

이 과정이 되풀이되면서 물질의 온도가 골고루 더워진다.

대류현상의 리용

예로부터 우리 선조들이 리용한 구들식온돌방안에서는 제일 낮은 부분인 방바닥이 덥기때문에 대류가 잘 일어나 방안이 골고루 더워진다.(그림 1-26)

그림 1-26. 온돌방안에서의 공기의 대류

액체속에서의 대류현상을 리용하면 살림집에 더운물을 보장할수 있다.(그림 1-27)

대류에 의하여 보이라에서 가열된 더운물이 우로 올라가 더운물저장탕크에 채워지고 탕크의 아래부분의 식은 찬물은 아래로 흘러내려와 다시 보이라에서 가열된다. 그러므로 찬물탕크에 물을 충분히 보장하면 언제나 더운물을 뽑아쓸수 있다.

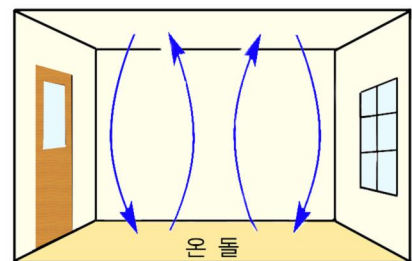
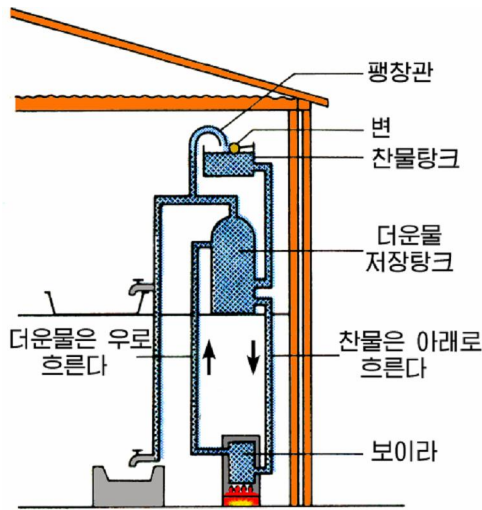



그림 1-27. 액체의 대류를 리용한 더운물보장체계

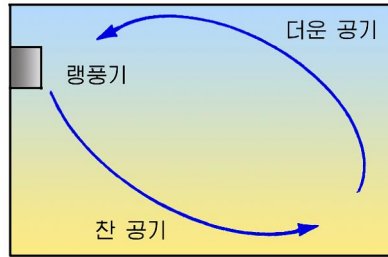
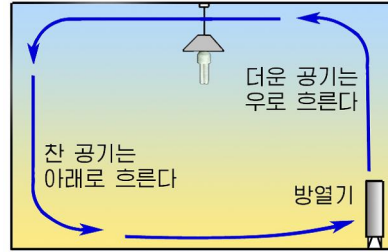



그림 1-28. 기체의 대류를 리용한 방안온도보장

기체속에서의 대류현상을 리용하여 방열기나 랭풍기로 방안온도를 일정하게 보장할수 있다.(그림 1-28)

대류현상에 의하여 바다가지방에서 바람방향은 낮과 밤에 바뀐다.(그림 1-29)

낮(그림 ㄱ)에는 바다물보다 비열이 더 작은 륙지의 온도가 더 높으므로 륙지우의 더운 공기가 우로 올리흐르고 바다가에서 찬 공기가 밀려온다. 밤(그림 ㄴ)에는 비열이 더 큰 바다물의 온도가 륙지보다 더 높으므로 바다우의 더운 공기가 우로 올리흐르고 륙지에서 찬 공기가 밀려온다. 따라서 바다가지방에서 바람이 낮에는 륙지쪽으로, 밤에는 바다쪽으로 분다.

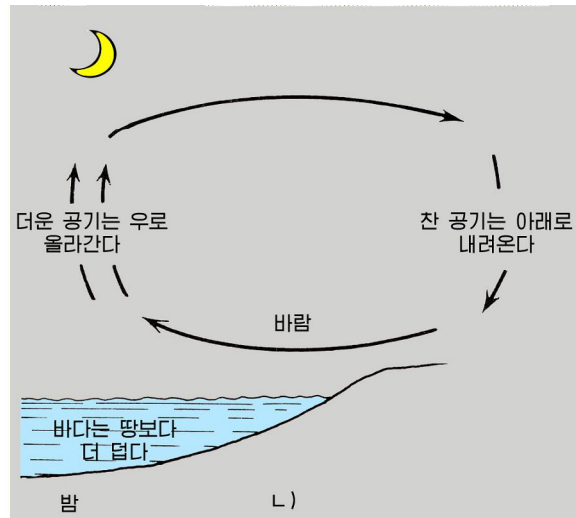
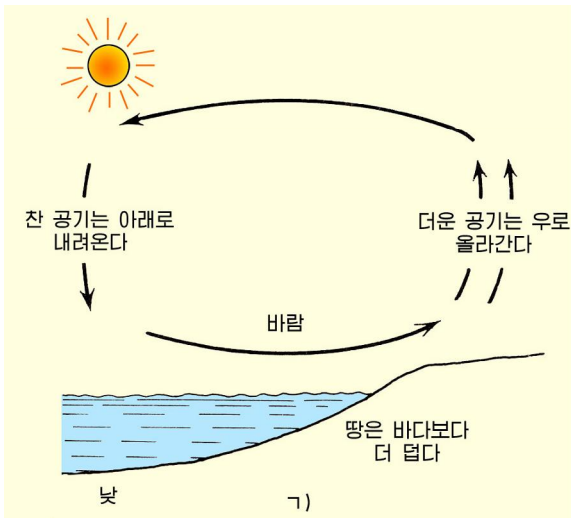



그림 1-29. 바다가지방에서 낮과 밤의 바람방향은 바뀐다

1. 고체속에서는 왜 대류가 일어나지 않겠는가?
2. 방안온도를 보장하기 위하여 여름에 랭풍기는 방안의 웃쪽에, 겨울에 방열기는 방안의 창문쪽아래에 놓는다. 왜 그런가?
3. 한증탕에서 온도는 우로 올라갈수록 높은가, 아래로 내려올수록 높은가? 왜 그런가?

제6절. 열 복 사

열복사현상

지구는 태양으로부터 멀리 떨어져있지만 열을 받고있다. 이때 열이 어떻게 전달되겠는가.

열전도나 대류는 물질을 통하여서만 일어난다. 그런데 태양과 지구사이의 공간은 대부분이 진공으로 되였다.(그림 1-30)

그림 1-30. 해빛은 진공인 우주공간을 지나서 지구에 온다

그러므로 지구는 열전도나 대류에 의하여 태양열을 받는것이 아니다.

태양으로부터 지구에 오는 열은 빛에 의해서 전달되는것이다. 물질이 빛을 받아 더워지면 온도가 올라가는데 이것을 빛이 열작용을 한다고 말한다.

태양빛과 같이 눈에 보이는 빛만 열작용을 하겠는가.

활활 타오르는 우등불가까이에서 불빛을 직접 받으면 더운감을 느낀다.(그림 1-31) 불빛을 가리우면 더운감이 적어진다. 불길이 꺼지고 불무지가 어두워져도 약하기는 하지만 더운감은 계속 느낄수 있다. 이것은 눈에 보이지는 않으나 열작용을 하는 빛이 나온다는것을 말해준다.

그림 1-31. 우등불에서의 열복사

이처럼 눈에 보이는 빛이나 보이지 않는 빛이나 다같이 열작용을 한다.

눈에 보이지는 않으나 열작용을 하는 빛을 **적외선**이라고 부른다.

물체가 내보내는 빛에 의하여 열이 전달되는 현상을 **열복사**라고 부른다.

그리고 빛에 의하여 운반되는 열을 **복사열**이라고 부른다.

물체는 온도가 높으면 적외선과 함께 눈에 보이는 빛을 내보내고 온도가 낮으면 적외선만을 내보낸다.

열복사체와 열흡수체

열복사를 얼마나 잘하며 또 복사열을 얼마나 잘 흡수하는가 하는것은 빛을 내보내거나 받는 물체의 겉면에 따라 다르다.

물체의 겉면이 어떤 경우에 열복사를 잘하거나 또 복사열을 잘 흡수하겠는가.

○ 그림 1-32와 같이 알루미니움그릇의 왼쪽 겉면을 매끈하게 연마하고 오른쪽 겉면은 그을음으로 검은 칠을 한 다음 그속에 끓는 물을 넣고 두손을 각각 같은 거리로 가까이 가져가본다. 이때 오른손이 왼손보다 더 더운감을 느낀다.

○ 그림 1-33과 같이 꼭같은 두 알루미니움판에 각각 거품수지쪼각을 파라핀으로 녹여붙이고 한쪽 안면은 매끈하게 연마하고 다른쪽 안면은 그을음으로 꺼칠하게 칠한 다음 초불가까이 같은 거리에 가져간다. 이때 검은 칠을 한 오른쪽 판에 붙인 거품수지쪼각이 먼저 떨어지는것을 볼수 있다.

그림 1-32. 어느쪽이 열을 더 잘 복사하는가

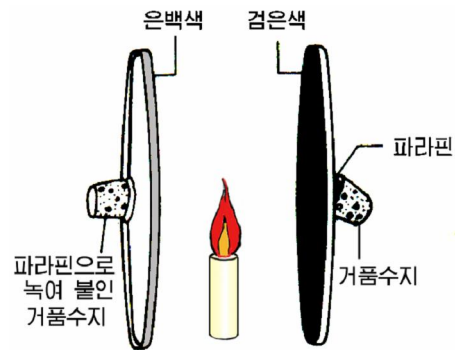



그림 1-33. 어느쪽이 열을 더 잘 흡수하는가

실험을 통하여

・열을 복사하는 물체의 겉면이 희고 매끈한것보다 검고 꺼칠한것이 더 많은 열을 내보낸다는것을 알수 있다.

・또한 겉면이 희고 매끈한것보다 검고 꺼칠한 물체가 복사열을 더 잘 흡수한다는것을 알수 있다.(그림 1-34)

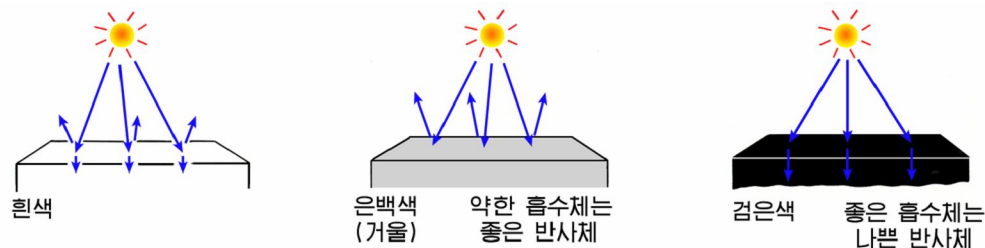



그림 1-34. 물체의 겉면에 따라 열의 반사와 흡수정도가 다르다

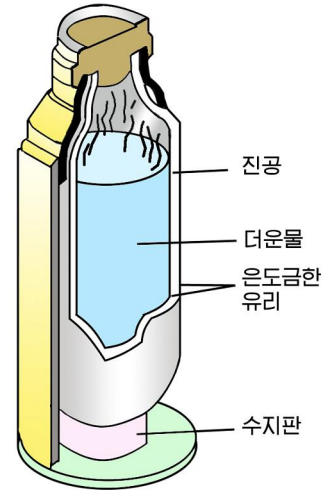
복사열을 잘 흡수하는 물질을 **열흡수체**, 열을 잘 복사하는 물질을 **열복사체**라고 부른다.

실험에서는 복사열을 잘 흡수하는 열흡수체가 역시 열을 잘 복사하는 열복사체로 된다는것을 보여준다.

보온병속에 들어있는 2중유리로 된 유리병의 량면은 매끈하게 은도금을 하여 더운물이 열을 잘 복사하지 않도록 하였다. (그림 1-35)

그림 1-35. 보온병에서 열복사의 방지

겨울에 검은 색갈의 어두운 옷을 많이 입는것은 태양열을 많이 흡수하기 위한것이고 여름에 흰색갈의 환한 옷을 많이 입는것은 태양열을 적게 흡수하기 위한것이다.

열복사는 빛을 내보내는 물체의 겉면적이 클수록 크다. 방열기의 겉모양을 보면 주름이 많이 있는것은 방안을 덥히는데 필요한 열을 더 많이 복사하도록 겉면적을 크게 하기 위해서이다.

문 제

1. 얼음우에 석탄재를 펴놓으면 얼음이 빨리 녹는다. 왜 그런가?
2. 밭에 두엄을 많이 내여 땅을 거무스름하게 만들면 왜 좋은가?
3. 랭동운반차는 왜 겉면을 흰색 또는 번쩍거리는 알루미늄판으로 만드는가? 이런 운반차로 더운 식료품을 실어나른다면 어떻게 되겠는가?

태양열온실

유리를 씌운 태양열온실에서는 태양의 복사열을 효과적으로 리용한다. (그림 1-36)

태양빛이 유리를 지나 온실에 비쳐지면 온실안에서는 태양의 빛과 열을 받아 식물들이 자라난다. 그런데 온실안의 물체들에서 반사된 빛은 눈에 보이지 않고 열만 내는 적외선이다. 이 적외선은 온실의 유리면을 통과하지 못하고 반사되므로 온실밖으로 나오지 못한다.

따라서 온실안에서는 태양열을 받기만 하고 밖으로 복사하지 않으므로 온도가 올라간다.

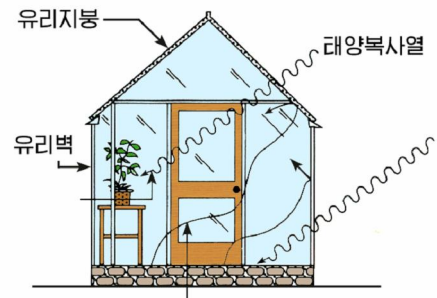



그림 1-36. 태양열온실

제7절. 연료의 발열량과 열효률

석탄, 석유, 나무, 부탄가스와 같이 태워서 열을 얻을수 있는 물질을 **연료**라고 부른다.

인민경제가 발전하고 인민생활이 높아짐에 따라 더 많은 연료가 요구된다. 그러므로 연료를 더 많이 생산하여야 할뿐아니라 생산된 연료를 효과적으로 리용하여 극력 절약하여야 한다.

연료의 발열량

연료의 종류에 따라서 그것을 태울 때 나오는 열량은 서로 다르다.(그림 1-37) 즉 꼭같은 질량의 서로 다른 연료를 태울 때 나오는 열량이 큰가 작은가에 따라 연료의 질이 다르다.

그림 1-37. 여러가지 연료

이러한 연료의 질을 무엇으로 평가하겠는가.

연료의 질을 평가하기 위하여 발열량을 쓴다.

어떤 연료 1kg이 완전히 탈 때 나오는 열량을 그 연료의 **발열량**이라고 부른다.

연료의 질량을 m, 그것이 탈 때 나오는 열량을 Q라고 하면 연료의 발열량 q는 다음과 같다.

$$연료의\ 발열량 = \frac{열량}{연료의\ 질량}$$

$$q = \frac{Q}{m}$$

발열량의 단위는 1J/kg이다. 1J/kg은 연료 1kg이 완전히 탈 때 1J만 한 열량이 나오는 연료의 발열량이다.

몇가지 연료의 발열량값들을 다음의 표에 주었다.

몇가지 연료의 발열량

연 료	발열량[10^7J/kg]	연 료	발열량[10^7J/kg]
장 작	1~2	석 유	4.3
무연탄	2~3.4	중 유	3.8~4.1
갈 탄	2.5~2.9	니 탄	2.2~2.5
휘발유	4.4	숯	3

발열량이 큰 연료는 1kg의 연료를 태울 때 더 많은 열량이 나오므로 보다 질좋은 연료로 된다.

주어진 연료의 발열량과 질량을 알면 그 연료가 탈 때 나오는 열량을 구할수 있다. 즉

열량=질량×발열량

$$Q = m \times q$$

열효률

연료를 태울 때 나오는 열량을 모두 효과있게 쓴다고 볼수 있는가.

보이라에서 석탄을 태워서 방안을 덥히는 경우를 생각해보자.

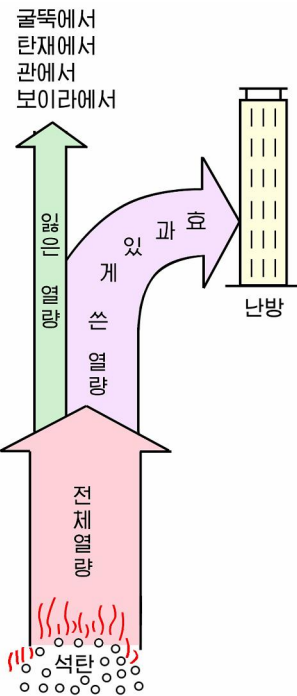
방안을 덥히는데 쓰이는 열량은 석탄을 태울 때 나오는 열량의 전체가 못되고 그것의 일부이다. 나머지의 열량은 연기, 탄재와 함께 밖으로 나가거나 보이라설비를 덥히는데 쓸모없이 쓰인다.

또한 보이라에서 방안건물까지 열을 전달하는 과정에도 잃어버린다. 그러므로 실제로 효과있게 쓰인 열량은 연료가 탈 때 나오는 열량보다 늘 적다.(그림 1-38)

그림 1-38. 효과있게 쓴 열량과 잃은 열량

이와 같이 연료를 태워서 얻은 열량가운데서 얼마만한 몫을 효과있게 쓰는가를 나타내기 위하여 열효률이라는 량을 쓴다.

연료가 완전히 탈 때 나오는 열량가운데서 효과있게 쓰인 열량이 몇%인가를 나타내는 량을 **열효률**이라고 부른다.

열효률을 η로 표시하면 다음과 같다.

$$\text{열효률} = \frac{\text{효과있게 쓰인 열량}}{\text{연료를 태워 얻는 전체 열량}} \times 100(\%)$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{효}}}{Q} \times 100(\%)$$

열관리에서 가장 중요한것은 얻은 열량을 될수록 적게 잃어버리고 효과있게 쓰

이는 열량몫이 많아지도록 대책을 세워 열효률을 높이는것이다.

[례제] 석유곤로로 1L의 물을 18℃에서 100℃까지 덥히는데 25g의 석유가 들었다. 석유곤로의 열효률을 구하여라.

풀이. 주어진것: $V_{물}=1L$

$m_{물}=1kg$

$t_1=18℃$

$t_2=100℃$

$c_{물}=4\ 200J/(kg·℃)$

$m_{석유}=25g=0.025kg$

$q_{석유}=4.3\times10^7J/kg$

구하는것: η?

석유가 탈 때 나오는 열량

$$Q=q_{석유}m_{석유}=4.3\times10^7J/kg\times0.025kg\approx1.1\times10^8J$$

물을 덥히는데 쓴 열량

$$Q_{효}=c_{물}m_{물}(t_2-t_1)=4\ 200J/(kg·℃)\times1kg\times(100℃-18℃)=$$

$$=344\ 400J=3.4\times10^5J$$

석유곤로의 열효률

$$\eta=\frac{Q_{효}}{Q}=\frac{3.4\times10^5J}{1.1\times10^6J}\times100(\%)\approx30.9(\%)$$

답. 약 30.9%

문 제

1. 발열량이 $2\times10^7J/kg$인 석유를 태워서 4.6×10^9J의 열량을 얻으려면 얼마만한 석유가 있어야 하는가?
2. 발열량이 $3.4\times10^7J/kg$인 무연탄 0.5t으로 온도 20℃인 물을 100℃까지 덥히려고 한다. 물 몇kg을 덥힐수 있는가? 여기서 무연탄이 탈 때 나오는 열량의 50%가 물을 덥히는데 소비되였다고 한다.
3. 석유곤로에 0.8kg의 석유가 들어있다. 곤로의 열효률이 40%라면 이 곤로로 얼마만한 량의 물을 10℃에서 100℃까지 덥힐수 있겠는가? 석유의 발열량은 $4.3\times10^7J/kg$이다.

문제: 콩크리트혼합물, 합금 등과 같이 여러가지 종류의 물질로 이루어진 혼합물의 비열은 어떻게 구하겠는가.

방향: · 혼합물의 비열은 그것을 온도 1℃만큼 높이는데 드는 열량 및 총 질량과 어떤 관계에 있는가?

· 혼합물을 이루는 매개 단순물들의 비열과 질량이 각각 c_1, m_1, c_2, m_2, ⋯ , c_n, m_n 일 때 혼합물의 비열은 어떻게 표시되겠는가?

복습문제

1. 물체들사이에 열을 주고받는 실례를 3가지이상 들어보아라.
2. 다음의 말들가운데서 옳은 문장과 틀린 문장을 가르고 그 근거를 밝혀라.
   ㄱ) 온도가 낮은 물체는 가지고있는 열량도 적다.
   ㄴ) 열을 받으면 온도가 올라가고 열을 내보내면 온도가 내려간다.
   ㄷ) 어떤 물체가 4J만 한 열량을 가지고있다.
   ㄹ) 질량이 다르고 온도가 같은 물체들사이에서 열전달은 없다.
   ㅁ) 두 물체가 같은 온도만큼 올라갈 때 받는 열량도 반드시 같다.
3. 여름과 겨울, 낮과 밤의 대기온도차가 바다가에서는 그리 크지 않지만 산악지대에서는 심하다. 무엇때문인가?
4. 다음의 □안에 알맞는 단어를 써넣어라.
   ㄱ) 비열이 클수록 같은 질량의 온도를 1℃만큼 높이는데 □ 열량이 든다.
   ㄴ) 같은 질량의 물체에 같은 열량을 주면 온도가 높이 올라갈수록 비열이 □ 물질이다.
5. 두 종류의 물질이 있는데 그것들의 질량비는 1:4, 흡수한 열량의 비는 3:2, 올라간 온도의 비는 3:1이다. 그것들의 비열비는 다음과 같다. 어느 대답이 옳은가?
   ㄱ) 1:4
   ㄴ) 8:9
   ㄷ) 1:2
   ㄹ) 2:1

6. A와 B 두 물체의 질량은 같고 비열비는 2:1이다. A가 20℃만큼 온도가 높아지면 B는 온도가 10℃만큼 높아진다. 두 물체가 받는 열량의 비를 구하여라.

(답. 4:1)

그림 1-39

7. 그림 1-39에 물체 ㄱ, ㄴ, ㄷ의 온도와 그것들이 흡수한 열량사이관계를 보여주었다. ㄱ, ㄴ의 질량은 1kg이고 ㄷ의 질량이 25kg이라면 3개 물질의 비열은 각각 얼마인가?

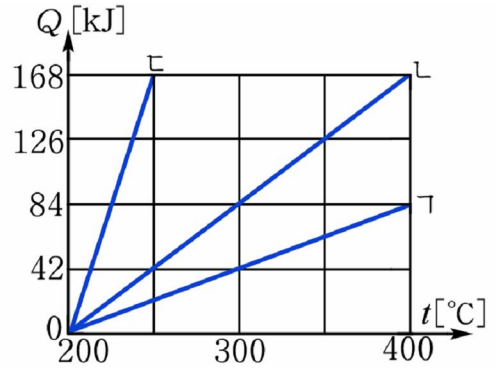
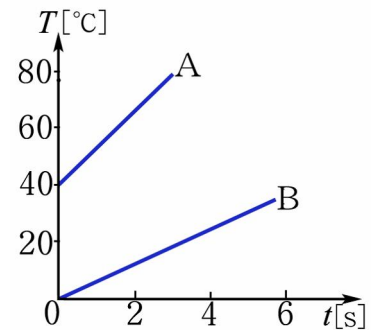



그림 1-40

8. 두 물체 A와 B가 같은 열량을 흡수하였을 때 시간에 따르는 온도변화그라프를 그림 1-40에 보여주었다. 그라프를 보고 다음의 대답가운데서 옳은 답을 선택하여라.

ㄱ) A의 비열은 반드시 B보다 크다.

ㄴ) B의 비열은 반드시 A보다 크다.

ㄷ) A와 B의 비열은 같을수 있다.

9. 질량이 2kg인 알루미니움가마에 3L의 물이 들어있다. 물의 온도는 20℃이다. 이 물을 100℃까지 덥히려면 몇J의 열량이 필요한가?

(답. 1 152kJ)

10. 비열이 c_1, c_2인 서로 다른 물질로 된 두 물체가 있다. 이 두 물체에 같은 열량을 주었더니 올라간 온도가 같다. 두 물체의 질량이 m_1, m_2이라면 그 질량비를 구하여라.

(답. $\frac{c_1}{c_2}=\frac{m_2}{m_1}$)

11. 강철을 굳게 하기 위하여 벌겋게 달구었다가 찬물에 넣어 갑자기 식힌다. 12kg의 달군 강철을 20℃의 물 72kg에 넣어 식혔더니 평형온도가 33℃로 되였다. 달군 강철의 온도는 얼마겠는가? 강철의 비열은 460J/(kg·℃)이다.

(답. 745℃)

12. 85℃의 더운물과 15℃의 찬물이 있다. 350cm³인 유리고뿌에 65℃의 물을 가득 채우자면 각각 얼마만큼 섞어야 하겠는가? 이때 그릇이 받는 열량은 무시한다. 그리고 물의 밀도는 10^3kg/m³이다.

(답. 250g, 100g)

13. 목욕탕의 물통안에 30℃의 물 400L가 있다. 수도관에서는 60℃의 물이 나오게 되여있다. 물통안의 물온도를 35℃로 되게 하려면 수도관을 몇min동안 열어놓아야 하는가? 수도관에서는 1min동안에 10L의 물이 나온다.

(답. 8min)

14. 유리고뿌안에 90℃의 물 250g이 들어있다. 여기에 질량이 50g인 은숟가락을 잠그면 물의 온도는 몇℃나 내려가겠는가? 숟가락의 처음온도는 20℃이며 은의 비열은 210J/(kg·℃)이다. 유리고뿌가 내보낸 열량은 무시한다.

(답. 약 0.7℃)

15. 두개의 고뿌 A, B가 있는데 그속에 들어있는 물의 질량과 처음온도가 모두 같다. 서로 다른 재료로 된 두 금속구 a, b가 있는데 질량과 처음온도도 같다. 두개의 구 a, b를 각각 물고뿌 A, B에 넣고 열평형에 도달한 후에 측정하였더니 고뿌 A에 담겨진 물의 온도는 6℃ 올라가고 고뿌 B에 담겨진 물의 온도는 3℃ 올라갔다. 열손실을 계산하지 않는다면 다음의 대답들가운데서 어느것들이 옳은 답인가?

ㄱ) 구 a의 비열은 구 b의 비열보다 크다.

ㄴ) 구 a의 비열은 구 b의 비열보다 작다.

ㄷ) 구 a가 내보낸 열량은 구 b가 내보낸 열량보다 크다.

ㄹ) 구 a가 내보낸 열량은 구 b가 내보낸 열량보다 작다.

16. 창문을 2중창으로 하면 좋다. 왜 그런가?

17. 눈이 많이 온 해에는 밭의 흙이 깊이 얼지 않는다. 왜 그런가?

18. 처음온도가 같은 두 철덩이가 있는데 A의 질량이 B의 질량의 2배이다. 그것들을 각각 랭각시켜 같은 열량이 방출되게 한 다음 서로 접촉시켰다. 어떻게 되겠는가? 아래에서 어느 경우가 옳은가?

ㄱ) 열량이 A로부터 B로 전도된다.

ㄴ) 열량이 B로부터 A로 전도된다.

ㄷ) 그것들사이에는 열전도가 없다.

19. 대류와 관련된 다음의 말들가운데서 옳은 답을 찾고 틀린 내용은 바로 잡아보아라.

ㄱ) 대류는 물질의 흐름에 의하여 열이 전달되는 방식이다.

ㄴ) 방안의 더운공기가 찬 공기보다 우에 있을 때 대류가 일어난다.

ㄷ) 찬물과 더운물을 하나의 그릇에 차례차례 쏟아 섞을 때 찬물을 먼저 쏟고 그우에 더운물을 쏟는것이 더 좋다.

ㄹ) 액체나 기체속에서 웃부분의 밀도가 아래부분의 밀도보다 클 때에 대류가

일어난다.

20. 더운 여름날 저수지의 아래부분의 물온도는 웃부분보다 늘 낮다. 왜 그런가?

21. 여름날 대기의 온도는 해가 제일 세게 내려쪼이는 정오때가 아니라 오후 2시경이 되여야 제일 높아진다. 무엇때문인가?

22. 불을 피운 난로에서 열은 어떤 방법으로 전달되는가를 설명하여라.

23. 그림 1-41에 보온병의 구조를 보여주었다. 열전도, 대류, 열복사에 의한 열전달을 막는 대책이 어떻게 세워져있는가를 설명하여라.

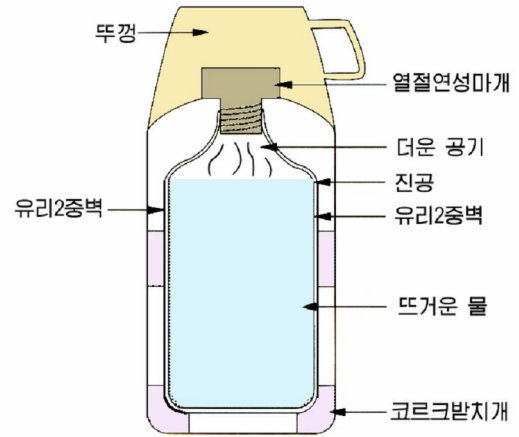



그림 1-41

24. 열전달의 세가지 방법의 공통점과 차이점은 무엇인가?

25. 열량 4.3×10^{10}J을 얻자면 각각 석유와 무연탄이 얼마만큼 필요한가?

(답. 1 000kg, 약 1 300kg)

26. 효률이 40%인 석유곤로가 있다. 이 곤로는 1min동안에 2.8g의 석유를 태운다. 8℃의 물 2.5L를 끓이려면 얼마만한 시간이 걸리는가? 석유의 발열량은 4.3×10^{7}J/kg이다.

(답. 약 20min)

27. 일능률이 50만kW인 화력발전소가 있다. 타빈의 효률이 30%라면 1h동안에 무연탄소비량은 얼마나 되겠는가? 무연탄의 발열량은 3.4×10^{7}J/kg이다.

(답. 약 176.5t)

제2장. 전 기

위대한 수령 **김일성**대원수님께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《전기는 모든 산업을 움직이는 기본동력입니다. 전기가 없이는 기술혁명의 성과적수행도 나라의 경제발전도 기대할수 없습니다.》

우리 둘레에는 전기를 쓰는 기구나 전기에 의하여 일어나는 현상들이 수없이 많다. 하늘땅을 뒤흔드는 번개와 우뢰도 대기속에서 일어나는 하나의 전기적현상이다.

이 장에서는 전기의 본질을 밝히는 대전현상과 그 원인, 전기회로와 전류, 전압, 저항사이의 관계를 밝히는 옴의 법칙 등에 대하여 학습하게 된다.

제1절. 마찰에 의한 물체의 대전

그림 2-1. 전기띤 받치개에 머리카락이 끌려간다

전기힘과 대전현상

책받치개로 머리카락을 비비다가 떼면 책받치개쪽으로 머리카락들이 끌려가 붙는것을 볼수 있다.(그림 2-1) 그것은 바로 마찰한 물체들이 전기를 띠기때문이다.

○ 염화비닐막대기를 털이나 모직천에 마찰한 다음 종이쪼각들우에 가져다댄다.(그림 2-2) 종이쪼각들이 끌려간다.

○ 얇은 염화비닐판(책받치개)을 손등으로 여러번 마찰한 다음 종이쪼각들우에 가져다댄다.(그림 2-3) 역시 종이쪼각들이 끌려간다.

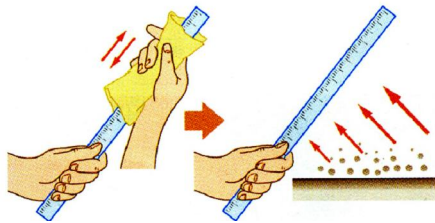



그림 2-2. 염화비닐막대기의 대전현상

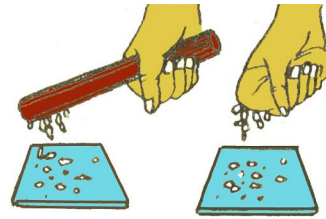



그림 2-3. 책받치개의 대전현상

실험을 통하여 서로 다른 물체들에 마찰한 물체는 전기를 띠며 종이쪼각과 같은 작은 물체들을 끌어당긴다는것을 알수 있다.

사람들은 먼 옛날부터 털이나 모직천에 마찰한 호박이 먼지나 종이쪼각 같은것을 끌어당긴다는것을 알고있었다.

16세기말에 호박뿐아니라 유리나 류황, 에보나이트 등 여러가지 물질들을 마찰하면 다른 작은 물체들을 끌어당긴다는것이 발견되였다. 이때 당기는 힘을 《호박의 힘》이라고 불렀다.

어두운 건조한 방에서 모실이나 화학섬유로 짠 내의를 벗을 때 《빠직빠직》하는 소리와 함께 연한 불꽃을 볼수 있는데 이것도 바로 전기현상이다.

이처럼 마찰된 물체가 전기를 띠는것을 **대전현상**이라고 부른다. 이때 전기띤 물

체를 **대전체**라고 부르며 대전체들사이에 호상작용하는 힘을 **전기힘**이라고 부른다.

※ 호박이란 오랜 옛날 송진이 땅속에서 굳어져 화석으로 된것인데 고대그리스에서는 호박을 장식품이나 화페로 리용하였으며 이 호박을 털에 마찰할 때 먼지나 실오리 같은 것들을 끌어당긴다는것을 알고있었다.

양전기와 음전기

마찰에 의한 대전현상을 실험으로 알아보면 종이쪼각이 대전체에 끌려가 붙은 다음 다시 대전체로부터 튕겨나오는 현상도 볼수 있다.

이것은 전기힘에 끄는 힘과 함께 미는 힘도 있다는것을 보여준다.

○ 명주천에 마찰시킨 유리막대기를 실에 매달고 여기에 역시 명주천에 마찰한 다른 유리막대기를 가까이 가져가본다.(그림 2-4) 서로 밀리운다.

○ 모직천에 마찰시킨 두개의 염화비닐막대기를 우와 같은 방법으로 해본다.(그림 2-5) 서로 밀리운다.

○ 명주천에 마찰시킨 유리막대기에 모직천에 마찰시킨 염화비닐막대기를 가까이 가져가본다.(그림 2-6) 서로 끌리운다.

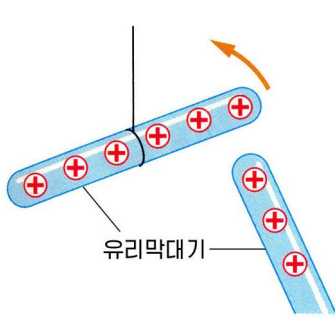



그림 2-4. 대전된 유리막대기들의 호상작용

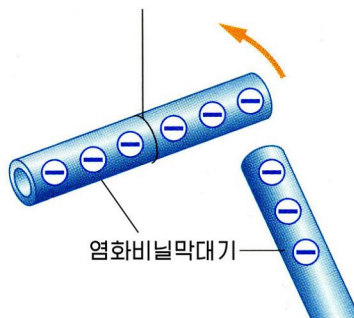



그림 2-5. 대전된 염화비닐 막대기들의 호상작용

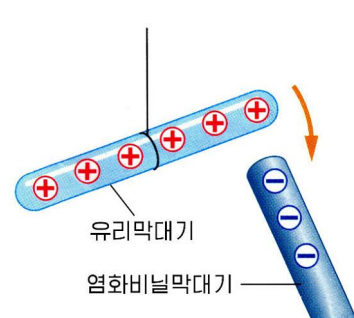



그림 2-6. 유리막대기와 염화비닐막대기의 호상작용

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

같은 명주천에 마찰시킨 유리막대기들은 같은 종류의 전기를 띠였을것이다.

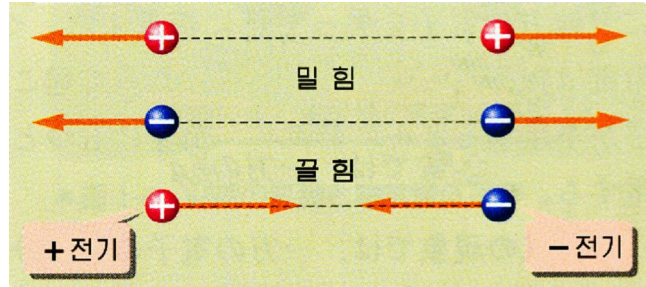
또 모직천에 마찰시킨 염화비닐막대기들도 같은 종류의 전기를 띠였을것이다.

그러므로 첫째와 둘째 실험에서는 같은 종류의 전기는 서로 민다는것을 알수 있다. 셋째 실험에서는 서로 다른 물체에 마찰한 유리막대기와 염화비닐막대기는 서로 다른 종류의 전기를 띠였을것이며 이것들끼리는 서로 끌어당긴다는것을 알수 있다.

즉 대전체들을 가까이 가져갔을 때 서로 당기는 경우와 미는 경우가 있는것은 전기에 두가지 종류가 있다는것을 의미한다.

명주천에 마찰한 유리막대기가 띠는 전기를 **양(+)전기**, 모직천에 마찰한 염화비닐막대기가 띠는 전기를 **음(−)전기**라고 약속한다.

그림 2-7. 양전기와 음전기의 호상작용

전기에는 양(+)전기와 음(−)전기가 있다. 같은 종류의 전기는 서로 밀고 다른 종류의 전기는 서로 당긴다.(그림 2-7)

⚠ 종류가 서로 다른 두 물체를 마찰하면 두 물체는 서로 다른 종류의 전기로 대전된다.

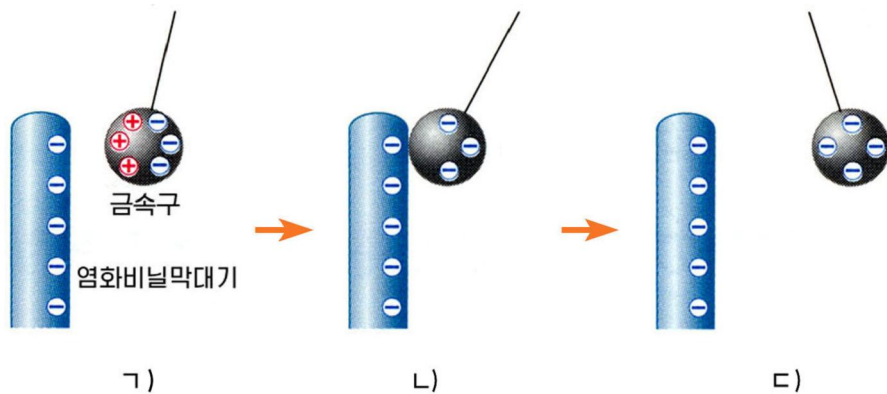
[례제] 명주실로 달아맨 가벼운 작은 금속구에 −로 대전된 염화비닐막대기를 가까이 가져가면 금속구가 끌려와서 붙었다가 즉시 튕겨난다. 왜 그런가를 설명하여라.(그림 2-8)

풀이. 작은 금속구에 −전기를 띤 염화비닐막대기를 가져가면 구에서 막대기에 가까운쪽에는 +전기가 모이고 먼쪽에는 −전기가 밀린다.(그림 2-8의 ㄱ)

그러므로 구가 끌려가 붙는다. 이때 염화비닐막대기의 −전기와 구의 +전기가 서로 비겨 없어진다. 그러면 구에는 −전기만 남아있게 된다.(그림 2-8의 ㄴ)

따라서 구는 다시 밀힘을 받아 튕겨난다.(그림 2-8의 ㄷ)

그림 2-8

문 제

1. 종이쪼각이 대전체에 끌려가 붙었다가 튕겨나는것은 무엇때문인가?
2. 다음과 같은 물체들이 서로 마찰할 때 그 물체들이 대전되겠는가? 여기서 무엇을 알수 있는가?

ㄱ) 유리판과 유리막대기

ㄴ) 염화비닐막대기와 염화비닐필갑

ㄷ) 고무공과 고무판

ㄹ) 고무판과 유리막대기

ㅁ) 명주천과 금속

3. 영사기에서 필림을 돌릴 때 필림에서 자주 불꽃이 튀군 한다. 무엇때문이겠는가?

정전기도장법의 원리

정전기도장법은 서로 다른 종류의 전기는 끌어당긴다는 원리에 기초하여 제품의 도장을 손쉽게 하면서도 질을 높은 수준에서 보장하는 방법이다.

도료를 안개상태로 만들고 +전기를 띠게 한 다음 자동차의 차체를 비롯한 도장하려는 금속판에 −전기를 띠게 하면 전기적끌힘에 의하여 금속판겉면에 부착된다.(그림 2-9)

연마지를 생산하는데도 정전기방법이 적용된다.

그림 2-10과 같이 두 금속판에 +와 −전기를 띠게 하고 그사이로 종이띠와 모래를 지나가게 하면 모래(**연마석가루**)가 종이에 끌려가 잘 붙는다.

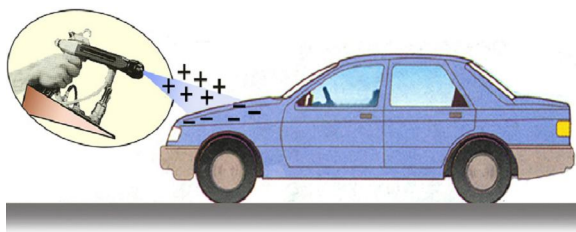



그림 2-9. 정전기도장법의 원리

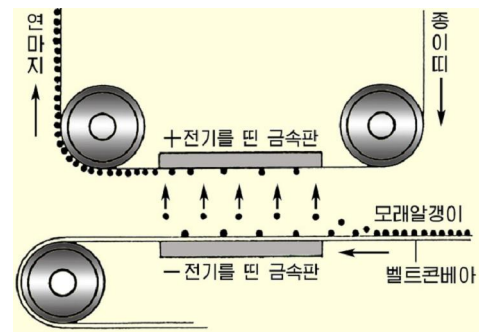



그림 2-10. 연마지생산공정

제2절. 마찰한 물체는 왜 대전되는가

우리가 다 아는것처럼 모든 물체는 분자로 이루어져있고 분자들은 또 원자들로 이루어져있다.

마찰한 물체가 어떻게 되여 대전되는가를 알려면 원자가 무엇으로 이루어져있는가를 알아야 한다.

원자의 구조

원자는 화학적방법으로는 더 이상 쪼갤수 없는 물질의 가장 작은 알갱이이다.

그러나 원자도 물리적방법으로는 쪼갤수 있으며 따라서 원자를 이루는 구성알갱이를 알아볼수 있다.

실험에 의하면 원자는 그 중심에 있는 **원자핵**이라고 부르는 알갱이와 그 둘레로 운동하는 **전자**라고 부르는 매우 작은 알갱이로 이루어져있다.(그림 2-11)

그림 2-11. 원자의 구조

이때 원자가 가지고있는 전자의 수는 원자의 종류에 따라 다르다.(그림 2-12)

그림 2-12. 여러가지 원자

원자핵은 양(+)전기를 띠고 전자는 음(−)전기를 띠고있다.

원자핵의 질량은 전자의 질량보다 대단히 크므로 원자전체의 질량은 다 핵에 집중되여있다고 본다.

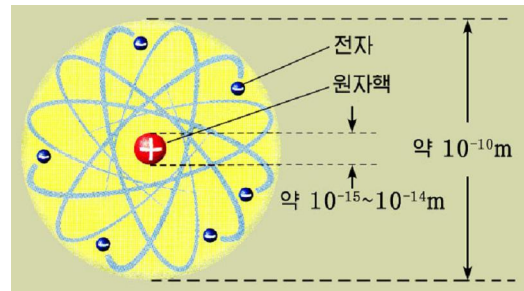
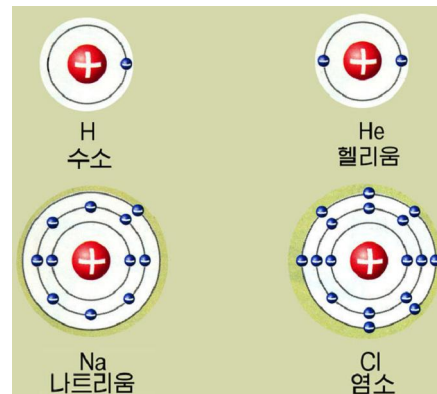
원자에서 전자와 핵은 크기가 같으며 부호가 반대인 전기를 띠고있다.

그러므로 전체적으로 볼 때 원자는 전기를 띠지 않은것과 같다.

이때 원자는 전기적으로 **중성**이라고 부른다.

이런 중성원자들로 이루어진 물질은 대전되여있지 않다.

양이온과 음이온

원자안에서 전자들은 핵의 +전기와의 호상작용에 의하여 핵에 끌리우는 힘을 받는다.

어떤 전자들은 센 전기힘을 받아 핵에 세게 끌리우고 어떤 전자들은 약한 전기힘을 받아 원자에서 쉽게 떨어져나오기도 한다.

중성이였던 원자에서 전자들이 떨어져나가면 이 원자는 +전기를 띠며 (그림 2-13의 ㄱ) 떨어져나온 전자가 다른 중성원자에 가붙으면 이 중성원자는 전자를 더 얻었으므로 -전기를 띠게 된다.(그림 2-13의 ㄴ)

이렇게 전기를 띤 분자나 원자와 같은 알갱이를 **이온**이라고 부른다.

+전기를 띤 이온을 **양이온**이라고 부르며 -전기를 띤 이온을 **음이온**이라고 부른다.

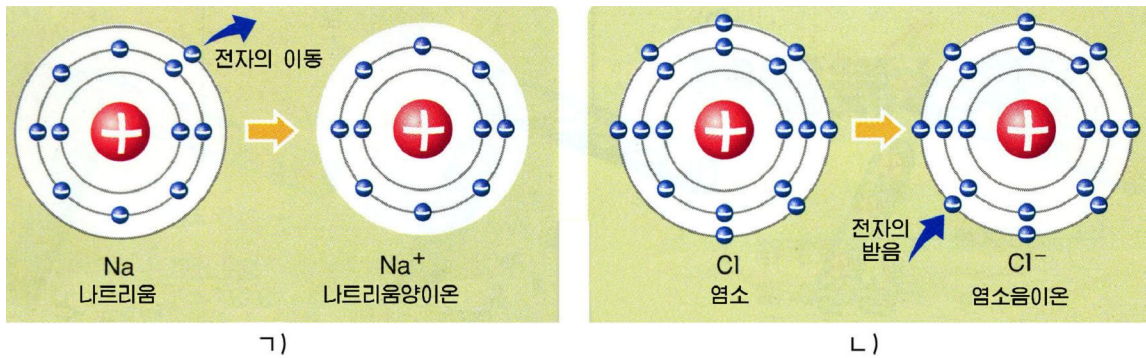



그림 2-13. 이온의 형성

마찰한 물체가 대전되는 원인

종류가 다른 물체들을 서로 마찰하면 어떻게 되여 전기를 띠는가.

종류가 다른 물체들이 서로 마찰할 때 대전되는것은 바로 원자를 이루고있는 전자들의 자리이동으로 설명할수 있다.

물질에 따라 그것을 이루는 원자들의 배렬과 원자핵이 전자를 끌어당기는 힘도 서로 다르다.

종류가 다른 물체들을 서로 마찰하면 전자를 약하게 끄는 원자들로 이루어진 물체로부터 전자를 세게 끄는 원자들로 이루어진 물체에로 일부 전자들이 넘어간다.

따라서 전자를 넘겨준 물체는 양전기가 더 많아져 +로 대전되며 전자를 넘겨받은 물체는 음전기가 더 많아서 -로 대전된다.

례를 들어 유리막대기를 명주천에 마찰하면 유리로부터 명주천으로 전자들이 넘어가 명주천은 -전기, 유리막대기는 +전기로 대전된다.

이때 유리막대기는 전자를 잃은것만큼 +전기로 대전되고 명주천은 유리막대기로부터 전자를 받은것만큼 -전기로 대전된다.(그림 2-14)

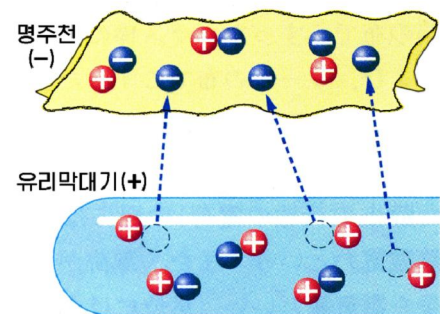



그림 2-14. 물체의 대전

물체의 대전

중성원자가 전자를 잃으면 +로 대전되고 중성원자가 전자를 받으면 —로 대전된다.

여러가지 물질들이 서로 마찰할 때 +전기로 대전되는 순서는 다음과 같다.

⊕모직천(털) → 유리 → 명주천 → 나무 → 금속 → 고무 → 염화비닐⊖

※ 모직천에 유리를 마찰하면 모직천은 +로, 유리는 —전기로 대전된다. 명주천에 염화비닐막대기를 마찰하면 명주천은 +전기로, 염화비닐막대기는 —전기로 대전된다.

문 제

1. 수지로 만든 빗으로 머리를 빗을 때 빗과 머리칼은 각각 어떤 전기를 띠는가?
2. 휘발유를 실어나르는 유조차들의 뒤에는 쇠사슬이 늘여져있고 이것이 땅에 닿아 끌려다닌다. 왜 이렇게 하겠는가?
3. 다음 문장에서 정확성을 판단하여라.

   모직천에 마찰한 유리막대기와 명주천에 마찰한 염화비닐막대기가 있다. 이때

   ㄱ) 유리막대기와 염화비닐막대기는 서로 끌어당긴다.

   ㄴ) 유리막대기와 염화비닐막대기는 서로 밀어버린다.

   ㄷ) 유리막대기와 염화비닐막대기사이에는 아무런 힘도 작용하지 않는다.

제3절. 전기량이란 무엇인가

전기힘은 물체가 전기를 띠였기때문에 생긴다.

물체가 전기를 얼마나 띠였는가에 따라 전기힘의 크기도 달라진다.

대전체가 전기를 얼마나 띠고있는가를 무엇으로 잴수 있으며 띠고있는 전기를 어떤 량으로 나타내겠는가.

검 전 기

검전기는 물체가 대전되였는가, 대전되지 않았는가, 그리고 +로 대전되였는가, —로 대전되였는가를 알아보는 기구이다.

검전기가운데서 구조가 간단하면서 많이 쓰이는것은 **박검전기**이다.(그림 2-15)

박검전기는 같은 종류의 전기가 서로 미는 성질을 리용하여 만들었다.

그림 2-15. 박검전기

박검전기는 유리병안에 금속으로 된 축이 마개에 의해

고정되여있으며 축의 바깥쪽 웃끝에는 머리(금속구)가, 아낙쪽 아래끝에는 두 잎의 금속박이 매달려있다. 유리병과 마개는 부도체로 되여있다.

박검전기의 금속구에 대전체를 대면 금속박이 같은 종류의 전기를 받아서 서로 밀므로 벌어진다. 이때 검전기가 띠고있는 전기가 많을수록 벌어지는 각이 크다.

금속박대신 바늘을 달아 바늘이 돌아가게 한 검전기도 있다.

전기량과 전기소량

물체(대전체)가 전기를 얼마나 띠고있는가를 전기량으로 나타낸다.

즉 대전체가 띠고있는 전기의 량을 **전기량**이라고 부른다.

○ 두개의 꼭같은 박검전기를 놓고 한 박검전기에만 전기량을 준다.(그림 2-16의 ㄱ)

○ 두 박검전기의 머리를 쇠줄로 이으면 두 박검전기의 바늘은 같은 각으로 벌어진다.(쇠줄을 잇기 전보다는 작은 각도이다.)(그림 2-16의 ㄴ) 이때 쇠줄이 띠는 전기량을 무시하면 첫 박검전기의 전기량은 처음의 절반으로 줄어들었다고 볼수 있다.

○ 둘째 박검전기의 전기량을 없애버리고 두 박검전기를 다시 이으면 첫 박검전기의 전기량은 다시 절반으로 줄어든다.

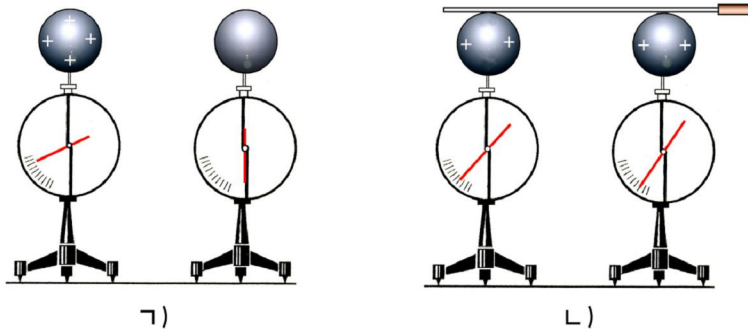



그림 2-16. 박검전기의 전기량을 절반으로 줄이는 방법

실험을 통하여 이런 방법으로 처음전기량을 그의 1/2, 1/4, 1/8, …과 같은 작은 전기량으로 쪼개여나갈수 있다는것을 알수 있다.

그러면 전기량은 끝없이 계속 쪼개여나갈수 있겠는가.

물리학자 밀리칸은 기름방울이 띠는 매우 작은 전기량들을 정확히 측정하여 전기량에는 더는 쪼갤수 없는 최소전기량이 있다는것을 훌륭히 증명하였다.

더는 쪼갤수 없는 최소의 전기량을 가진 알갱이가 바로 전자이다.

즉 전자의 전기량은 더는 쪼갤수 없는 가장 작은 전기량으로 되며 이것을 **전기소량**이라고 부르고 기호 e로 표시한다.

전기량의 단위

전기소량 e는 원자나 분자와 같은 작은 알갱이들이 띠는 전기량의 단위로 쓴다.

그러나 보통 물체가 띠는 많은 전기량을 표시할 때는 1C(**꿀롱**)이라는 단위를 쓴다. 전기량의 국제단위 1C(꿀롱)은 전기소량 1e의 6.25×10^{18}배와 같다.

$$1C=6.25\times10^{18}e$$

따라서 1e를 전기량의 국제단위로 표시하면 다음과 같다.

$$1e=1.6\times10^{-19}C$$

문 제

1. 마찰에 의해 염화비닐막대기가 10^{11}개의 전자를 넘겨받았다. 대전된 염화비닐막대기의 전기량을 전기소량과 국제단위로 표시하여라.
2. 산소원자에는 전자가 8개 들어있다. 산소원자핵의 전기량은 얼마인가?
3. 대전된 물체가 있다. 이 대전체가 띤 전기가 +인지 −인지 검전기로 알아보고 그 원리를 설명하여라.
4. 세개의 꼭같은 금속구 A, B 및 C가 있다. 다음의 경우에 구 C는 얼마만한 전기량을 띠겠는가? 구 A에는 12×10^{-10}C의 전기량을 주었다.
   ㄱ) B를 A에 대였다가 뗀 다음 C를 B에 대였다가 뗀다.
   ㄴ) A, B, C를 다 동시에 대였다가 동시에 뗀다.

참고 밀리칸의 실험

실험장치에는 기름을 작은 방울들로 뿜어내보내는 뿌무개 A와 +전기와 −전기를 띤 두 금속판 M, N이 있다.(그림 2-17의 ㄱ)

금속판 M의 가운데에 구멍이 있으므로 두 금속판사이에 들어간 기름방울을 들여다볼수 있다. 금속판 M의 구멍을 통해서 두 금속판사이에 들어간 기름방울은 아래로 향하는 중력과 함께 우로 향하는 전기힘을 받으며 운동과정에 뜰힘이나 저항힘도 받게 된다.(그림 2-17의 ㄴ)

기름방울이 받는 전기힘은 그의 전기량에 비례하므로 기름방울은 그의 전기량에 따라서 아래로 또는 우로 운동할수 있으며 그 속도는 기름방울이 띠고있는 전기량에 관계된다. 이 관계들을 리용하여 기름방울들의 전기량을 정확히 결정하였는데 이 값은 어떤 일정한 전기량(가장 큰 공통약수)의 옹근수배와 같았다.

이것은 더는 쪼갤수 없는 최소전기량이 있다는것을 의미한다.

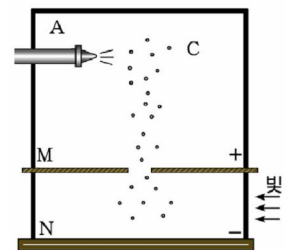
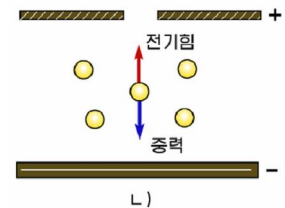



그림 2-17. 밀리칸의 실험장치

제4절. 전 류

서로 다른 두 물체를 마찰하면 그 두 물체는 다같이 대전된다. 이 대전체가 가지고있는 전기량은 한 물체에서 다른 물체에로 넘어갈수 있겠는가.

어떤 물체들에서 어떤 경우에 전기량이 이동할수 있는가에 대하여 알아보자.

전 류

철이나 동과 같은 금속도 마찰하면 대전되겠는가. 이에 대하여 실험으로 알아보자.

○ 금속막대기를 손에 쥐고 털에 마찰한 다음 가벼운 종이띠가까이로 가져간다. 이때 종이띠는 끌려가지 않는다.(그림 2-18의 ㄱ)

○ 잘 마른 수지병이나 유리병우에 털에 마찰한 금속구를 올려놓고 가벼운 종이띠를 가까이 가져간다. 이때 종이띠는 금속구에 끌려간다.(그림 2-18 의 ㄴ)

○ 털에 대전된 염화비닐막대기를 금속구에 댔다떼고 금속구가까이에 가벼운 종이띠를 가져가면 역시 종이띠가 끌려간다.(그림 2-18의 ㄷ)

○ 두 병우에 금속구를 올려놓고 금속선으로 이어놓은 다음 한쪽 구 A에 전기띤 막대기를 가져다댄다. 그리고 다른쪽 금속구가까이에 가벼운 종이띠를 가져가면 종이띠가 끌린다.(그림 2-19)

그림 2-18. 금속구의 대전

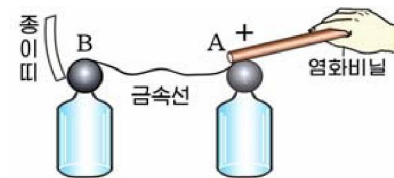



그림 2-19. 금속선을 통한 전자의 이동

실험은 금속도 전기를 띠며 금속을 통하여 대전체의 전기량이 잘 옮겨간다는것을 보여준다.

이것은 금속에도 전기를 띤 알갱이가 있다는것을 의미하며 이 전기띤 알갱이에 의하여 전기량이 한 물체에서 다른 물체에로 옮겨간다는것을 말해준다.

이러한 전기띤 알갱이들의 흐름을 **전류**라고 부른다.

도체와 부도체

어떤 물질속으로 전류가 잘 흐르겠는가.

실험

○ 박검전기의 머리에 대전체를 대서 전기를 준 다음 금속(철)막대기를 박검전기머리에 대본다.(그림 2－20) 이때 박검전기의 바늘이 내려간다.

○ 유리막대기를 쥐고 우와 같은 실험을 다시 한다. 박검전기의 바늘이 내려가지 않는다.

○ 다른 여러가지 물체를 쥐고 같은 실험을 하여 박검전기의 바늘이 내려가는가 내려가지 않는가를 살펴본다.

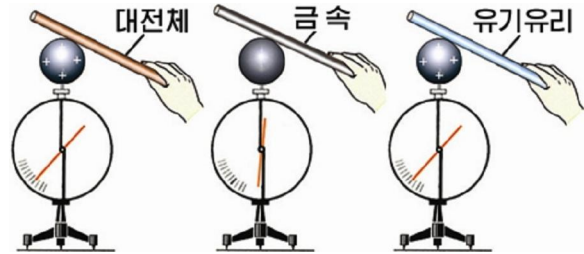



그림 2-20. 도체와 부도체를 가르는 실험

실험에서 본것처럼 금속막대기를 박검전기머리에 대였을 때 바늘이 내려가는것은 박검전기의 전기량이 금속막대기를 통하여 사람의 몸으로 옮겨갔다는것을 말해준다.

이처럼 금속에서와 같이 전기띤 알갱이들이 잘 흐르는 물질을 **도체**라고 부른다.

동, 알루미니움, 금 등 모든 금속들은 다 도체이다.

그림 2-18의 ㄱ에서 금속막대기를 손에 쥐고 털에 마찰한 다음 가벼운 종이띠에 가까이 가져가도 그것이 끌리지 않은것은 마찰할 때 금속막대기가 띤 전기가 사람의 손을 통하여 몸으로 흘러나갔기때문이다. 이것은 사람의 몸도 도체라는것을 말해준다.

유리막대기를 박검전기의 머리에 대였을 때 바늘이 내려가지 않는것은 박검전기의 전기량이 유리막대기를 통하여 흘러나가지 못했기때문이다.

이처럼 전기띤 알갱이가 잘 흐르지 못하는 물질을 **부도체**(절연체)라고 부른다.

유리나 호박, 염화비닐, 고무, 명주천, 류황, 사기 등은 다 좋은 부도체이다.

전기분야에서는 도체와 함께 부도체도 중요하게 쓰인다.(그림 2-21)

즉 부도체는 전기선의 절연, 피복에 많이 쓰인다.

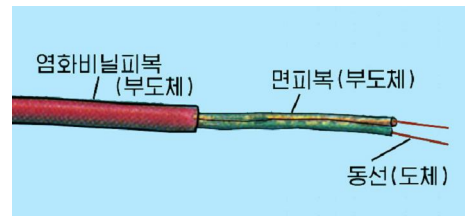



그림 2-21. 전기선의 구조

자유전자와 전기나르개

앞에서 본것처럼 모든 물질은 분자, 원자로 이루어져있다.

금속도 원자들로 이루어져있으며 이 원자에서 일부 전자들은 핵둘레에 매우 약하게 얽매여있다. 그러므로 이런 전자들은 원자에서 쉽게 떨어져나와 양이온(핵)들사이의 공간에서 자유로이 떠돌아다닌다.(그림 2-22의 ㄱ)

그림 2-22. 자유전자의 이동

이런 전자들을 **자유전자**라고 부른다.

자유전자들은 금속안에서 전기힘을 받으면 힘의 방향으로 쉽게 옮겨가면서 자기가 띠고있는 전기량을 나르게 된다.(그림 2-22의 ㄴ)

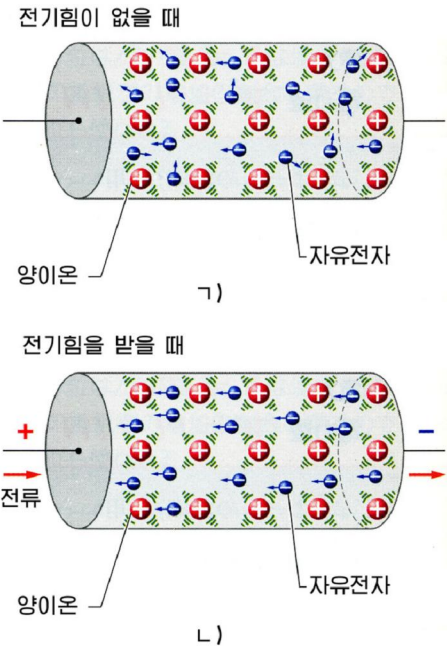
금속도체속의 자유전자들처럼 외부힘을 받아 이동하면서 전기를 나르는 전기띤 알갱이를 통털어 **전기나르개**라고 부른다.

양이온이나 음이온들도 다 전기나르개로 된다.

그러므로 전기나르개를 많이 가진 물질은 다 도체로 되며 전기나르개가 없거나 매우 적은 물질은 부도체이다.

즉 도체속에는 전기나르개가 많고 부도체속에는 전기나르개가 없다.

그러나 부도체인 종이나 나무속에도 적은 량의 전기나르개는 있다.

<u>도체속으로 흐르는 전류란 바로 전기나르개인 자유전자들이 전기힘을 받아 힘의 방향으로 이동하는것이다.</u>

문 제

1. 전기줄속에는 수많은 자유전자들이 들어있으며 이것들은 끊임없이 운동하고있다. 그러나 보통때 전기줄은 전기를 띠지 않는다. 왜 그런가?
2. 전등과 소케트에서 도체와 부도체를 갈라내여라.
3. 도체인지 부도체인지 모르는 어떤 막대기가 있다. 검전기와 모직천, 염화비닐막대기를 가지고 이 막대기가 도체인지 부도체인지를 알아내여라.
4. 다음 글에서 정확한것을 찾아내여라.

   ㄱ) 물체는 보통상태에서 중성이다. 따라서 물체속에는 전자가 없다.

   ㄴ) 금속은 언제나 도체이다. 따라서 도체는 언제나 금속이다.

   ㄷ) 액체와 기체는 도체로 될수 있다.

   ㄹ) 전자는 곧 전기나르개이다. 따라서 전기나르개는 곧 전자이다.

제5절. 전기회로

도체속에서 전류는 어느 방향으로 흐르며 전류가 계속 흐르자면 어떤 조건이 마련되여야 하는가. 그리고 전류가 흐르는 길인 전기회로란 무엇인가에 대하여 보자.

전류가 흐르기 위한 조건

강물은 언제나 높은 곳(상류)에서 낮은 곳(하류)으로 흐른다. 이와 마찬가지로 전기띤 알갱이들도 흐르는 방향을 가지며 어떤 조건이 마련되여야만 흐르게 된다.

❓ 전류는 어떤 조건에서만 흐르는가.

전류를 물흐름과 비교하여 알아보면 쉽게 리해할수 있다.

두 금속구 A와 B를 금속선으로 련결하고 금속구 A가 +전기를 띠게 하면 금속구 B에 있던 자유전자들이 전기힘을 받아 금속구 A에로 옮겨가면서 전류를 이룬다.(그림 2-23)

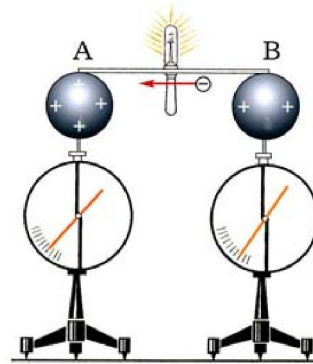



그림 2-23. 자유전자들의 이동

마치도 두 물통에서 물높이차가 있을 때에만 물이 흐르는것과 같다.(그림 2-24)

이때 금속구 A의 +전기량은 줄어들고 금속구 B는 전자를 넘겨준것만큼 +전기량이 늘어난다. 나중에는 두 금속구가 같은 량의 +전기를 가지며 결국 자유전자에 작용하는 전기힘이 비겨 전류는 흐르지 못하게 된다.

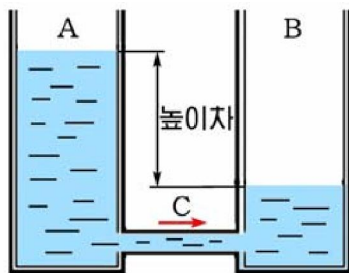



그림 2-24. 물은 높이차가 있을 때만 흐른다

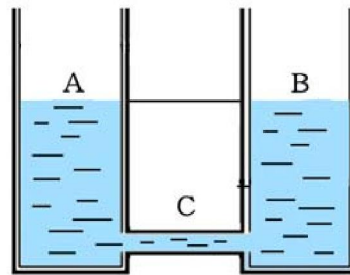



그림 2-25. 물은 높이차가 없으면 흐르지 못한다

이것은 물높이가 같은 두 물통을 관으로 이었을 때 물이 흐르지 못하는것과 같다.(그림 2-25)

❓ 물이 계속 흐르게 하자면 어떻게 해야 하는가.

물이 계속 흐르게 하자면 물통 B에 흘러든 물을 중력을 이기면서 뽐프로 퍼올려 다시 물통 A에 보내줌으로써 두 물통의 물높이차가 계속 보장되게 하여야 한

다.(그림 2-26)

이와 마찬가지로 전기띤 알갱이들이 계속 흐르자면 두 끝에서 전기량의 차이가 있어야 한다.

이 차이를 보장하면서 전기나르개가 계속 흐르도록 하는 기구가 바로 **전지**이다.

즉 전지는 물흐름길에서 뽐프와 같은 역할을 한다.

그림 2-26. 물이 계속 흐르자면 물높이차가 있어야 한다

전지의 ＋극은 물흐름길에서 물면이 높은 물통 A에 해당되고 －극은 물면이 낮은 물통 B에 해당된다.

물면이 높은 물통의 물이 중력을 받아 물면이 낮은 물통에 흐르는것처럼 양전기를 띤 알갱이는 전기힘을 받아 ＋극에서 －극으로 흐른다.(그림 2-27)

그림 2-27. 전원

물흐름길에서 뽐프가 두 통의 물높이차를 유지해주는것처럼 전지안에서는 전기힘을 이기면서 －극에 온 양전기를 ＋극으로 되돌려보낸다. 그리하여 ＋극은 계속 양전기를, －극은 계속 음전기를 띠게 된다.

실지 금속도체에서 전기나르개는 전자이므로 전자가 전지의 －극에서 ＋극쪽으로 옮겨간다.

전지는 바로 －극에서 전자들이 흘러나가면서 생긴 양전기를 띤 알갱이를 ＋극에로 퍼올리는 역할을 수행한다.

전지와 같이 전류를 계속 흐르게 하는 장치를 **전원**이라고 부른다.

전기회로

도체속에서 전류가 흐를 때 전류의 방향은 양전기를 띤 알갱이가 옮겨가는 방향으로 약속한다. (그림 2-28)

그러므로 도체에 전류가 흐를 때 금속에서는 자유전자의 이동방향과 반대방향이 전류의 방향으로 된다.

물이 계속 흐르도록 련결된 물흐름과 같이 전류가 흐르도록 이어져있는 길을 **전기회로**라고 부른다.

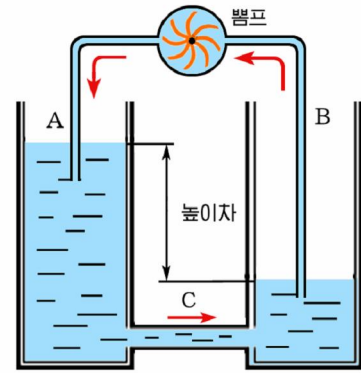
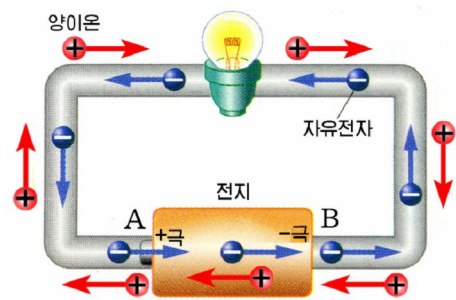
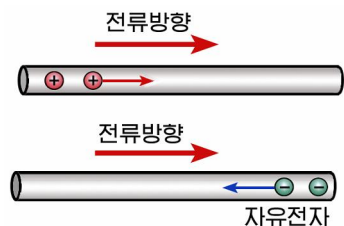



그림 2-28. 전류의 방향

전기회로에 전류가 계속 흐르자면 어떻게 되여야 하는가.

건전지, 작은 전등, 스위치를 전기줄로 련결하고 스위치를 닫아본다. 이때 전류가 흐르면서 작은 전등에 불이 켜진다.(그림 2-29)

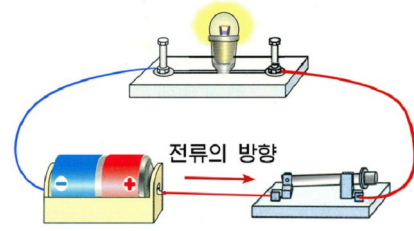



그림 2-29. 간단한 전기회로

실험으로부터 전류가 계속 흐르기 위하여서는 전기회로에 전원이 있어야 하고 회로가 끊어지지 않고 닫겨져야 한다는것을 알수 있다.

그림 2-30. 간단한 회로도

전기회로에서 전등이나 전동기, 다리미와 같은 전기기계나 기구를 **부하**라고 부른다.

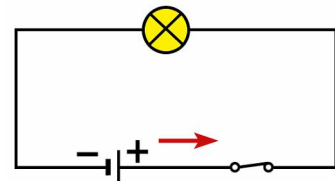
전기회로를 이루는 전원, 부하, 스위치 등을 기호로 표시하여 그려놓은 그림을 **회로도**라고 부른다.(그림 2-30)

전기회로도를 그리는데 쓰이는 몇가지 기호를 그림 2-31에 보여주었다.

그림 2-31. 회로도를 그리는데 쓰이는 기호들

문 제

1. 전기회로에는 왜 전원이 들어있어야 하는가?
2. 그림 2-27에서 전류의 방향을 화살로 표시하고 그 근거를 밝혀라.
3. 손전지의 전기회로를 회로도로 그려보아라.
4. 건전지 한개에 작은 전등 2개를 병렬로 이었다.
   ㄱ) 2개의 전등을 동시에 켜고 동시에 끌수 있는 회로를 그려라.
   ㄴ) 2개의 전등을 따로따로 켜고 끌수 있는 회로도를 그려라.

제6절. 전류의 세기

전등에 전류가 흐르면 불이 켜진다. 이때 불의 밝기는 전류가 센가, 약한가에 따라 달라진다. 그러면 전류가 센가 약한가 하는 정도를 어떤 량으로 나타내며 그 량은 어떤 기구로 측정하는가.

전류의 세기와 그 단위

굵기가 다른 두개의 수도꼭지에서 나오는 물흐름을 비교하여보자. 그림 2-32에서 보는것처럼 분명 굵은 관의 수도꼭지에서 나오는 물흐름의 세기가 가는 관의 수도꼭지에서보다 세다.

그림 2-32. 수도물흐름의 세기 비교

이와 같이 물에서 물흐름의 세기에 대하여 말하는것처럼 전류가 흐를 때에도 전류의 세기에 대하여 말한다.

? 그러면 전류의 세기란 무엇인가.

○ 작은 전등에 전지 하나를 이어놓고 스위치를 닫았을 때 불의 밝기를 본다.(그림 2-33의 ㄱ)

○ 전지 두개를 이어놓고 스위치를 닫는다. 어느때가 더 전등이 밝은가. 전지 한개를 이었을 때보다 두개를 이었을 때 전등이 더 밝다.(그림 2-33의 ㄴ)

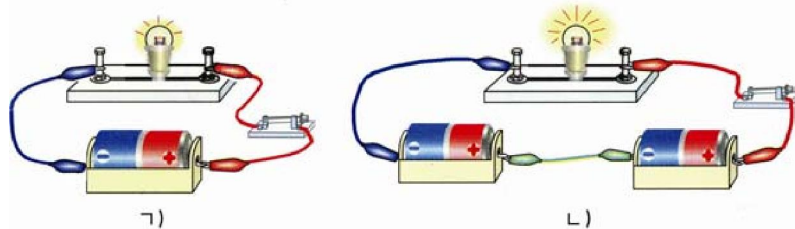



그림 2-33. 센 전류가 흐르는 전등이 더 밝다

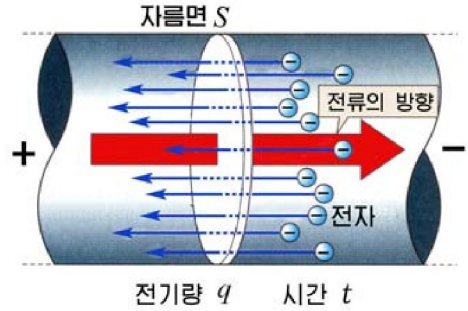
왜 전지를 두개 이었을 때 전등이 더 밝아지는가.

이것은 전등의 밝기가 전기량의 흐름에 관계된다는것을 보여준다.

다시말하여 전지 두개를 련결하였을 때는 한개를 련결하였을 때보다 같은 시간동안에 더 많은 전기량이 흐르게 된다.

따라서 전등은 더 밝아지는것이다.

그림 2-34. 도체의 자름면을 지나는 전기량

단위시간동안에 도체의 자름면을 지나는 전기량을 **전류의 세기**라고 부른다.(그림 2-34)

$$\text{전류의 세기} = \frac{\text{전기량}}{\text{전류가 흐른 시간}}$$

$$I = \frac{q}{t}$$

전류의 세기의 국제단위는 기호 A로 표시하고 **암페아**라고 부른다. 1A는 1s동안에 도체의 자름면을 통하여 1C의 전기량이 흐를 때의 전류의 세기와 같다.

$$1\text{A}=1\text{C}/1\text{s}$$

약한 전류의 세기를 측정할 때에는 1mA(미리암페아), 1μA(마이크로암페아)를 쓴다.

$$1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$$

가정들에서 리용되는 여러가지 전기기구들과 전기기계들에 흐르는 전류의 세기는 다음과 같다.(그림 2-35)

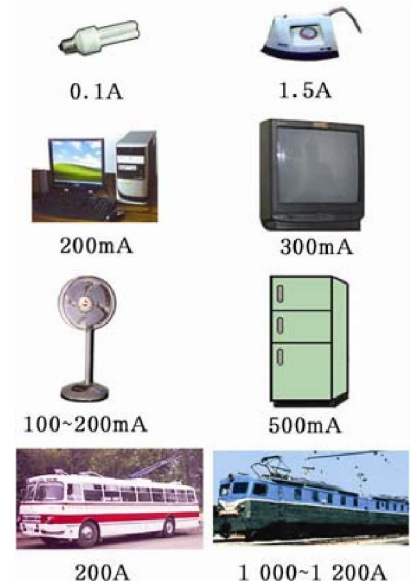



그림 2-35. 몇가지 기구에 흐르는 전류의 세기

직류와 교류

전류는 시간에 따라 전류의 세기와 방향이 어떻게 변하는가에 따라 직류와 교류로 나눈다.

시간에 따라 전류의 세기와 방향이 변하지 않는 전류를 **직류**라고 부른다.

건전지나 축전지에서 흘러나오는 전류는 다 직류이다.

시간에 따라 전류의 세기와 방향이 주기적으로 변하는 전류를 **교류**라고 부른다.

발전소에서 생산되는 전류, 가정의 조명회로, 공장에서 전동기를 돌리는 전류는 다 교류이다.

전류계와 그 사용법

전류계는 전기회로에 흐르는 전류의 세기를 재는 계기이다.(그림 2-36)

전류계에는 직류전류계와 교류전류계가 있으며 용도에 따라 A계, mA계, μA계가 있다.

직류전류계의 눈금판에는 기호 A, 교류전류계의 눈금판에는 A의 표시가 있다.

그림 2-36. 전류계

전류를 재려면 전류계를 어떻게 련결해야 하는가.

전류계를 사용할 때에는 재려는 전류가 직류인가 교류인가 또 전류의 세기가 어느 정도인가를 알아보고 거기에 알맞는 전류계를 선택해서 써야 한다.

전기회로에 전류계를 련결할 때에는 재려는 전류가 모두 전류계를 거쳐 흐르도록 회로의 한 점을 끊고 그사이에 부하와 전류계를 직렬로 련결해야 한다.(그림 2-37)

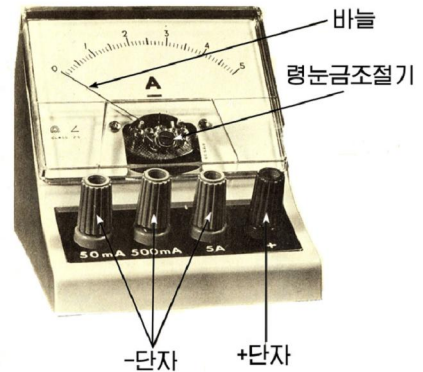
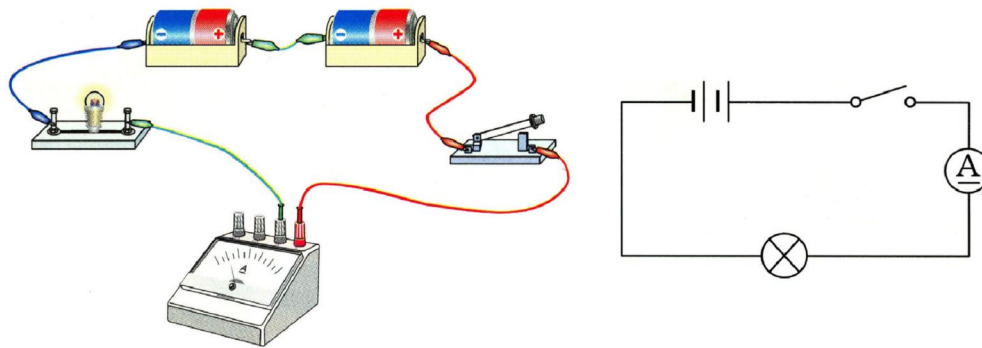



그림 2-37. 직류전류계의 련결방법

50mA, 500mA, 5A의 단자를 가진 직류전류계인 경우 다음과 같이 련결한다. 전원의 +극에서 오는 전기줄을 전류계의 +단자에 련결한다.

전원의 −극으로 가는 전기줄을 재려는 전류의 세기가 어느 정도인가에 따라 5A, 500mA, 50mA의 단자를 선택하여 잇는다.

재려는 전류의 세기를 짐작할수 없을 때에는 먼저 5A의 단자에 이어보고 알맞는 단자를 선택한다.

눈금을 읽을 때에는 전류계의 어느 단자를 쓰고있는가를 먼저 알아보고 그에 맞게 읽어야 한다. 그림 2-38의 아래그림에서 50mA단자에 이어졌다면 눈금판의 전

구간이 50mA이므로 바늘이 가리키는 눈금값은 18.3mA이다.

[례제] 형광등으로 1h동안에 720C의 전기량이 흘렀다면 이때 형광등으로 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?

풀이. 주어진것: t=1h=3 600s

q=720C

구하는것: I?

$$I=\frac{q}{t}=\frac{720\ \mathrm{C}}{3\ 600\ \mathrm{s}}=0.2\ \mathrm{C/s}=0.2(\mathrm{A})$$

답. 0.2A

문 제

1. 200mA는 몇A와 같은가? 또 몇μA와 같은가?
2. 0.6A의 전류의 세기로 전등에 5min동안 전류가 흘렀다. 흘러간 전기량은 얼마인가?
3. 0.2A의 전류가 흐르는 전등으로 2 880C의 전기량이 흘렀다. 전등은 몇h동안 켰겠는가?
4. 그림 2-38에서 전류계의 바늘이 가리키는 전류의 세기는 얼마인가?
   □안에 알맞는 값들을 써넣어라.

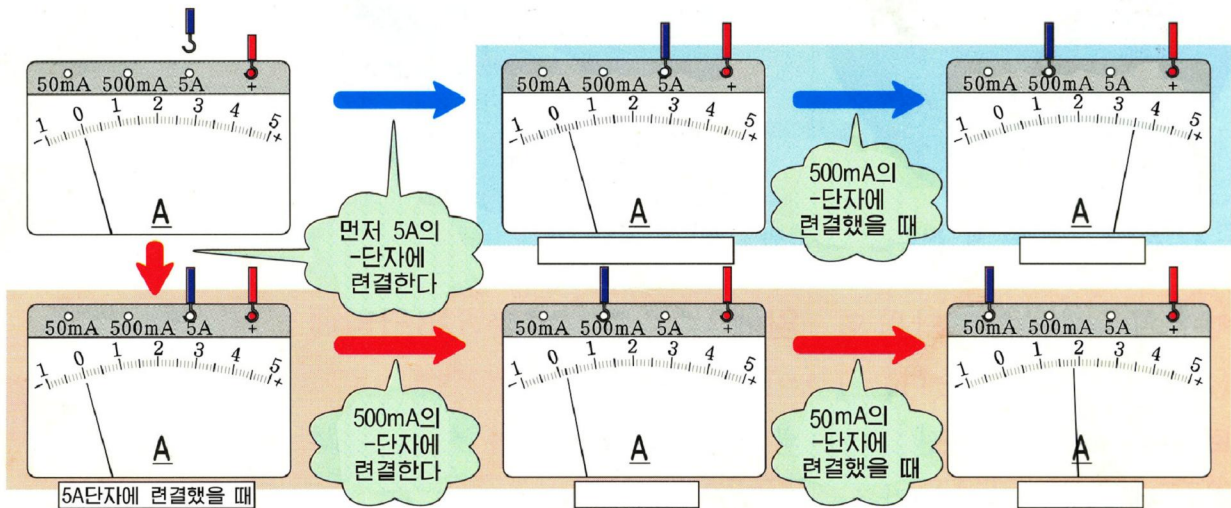



그림 2-38

제7절. 전 압

발전소로부터 학교와 가정에 들어오는 전기를 리용할 때 우리는 전압이라는 말을 자주 쓰게 된다. 그러면 전압이란 무엇인가.

전기힘이 하는 일

물높이가 서로 다른 두개의 물통 A와 B를 관으로 련결하면 관의 량쪽 끝의 압력차때문에 힘의 차이가 생기며 이로 하여 물은 흐르면서 수차를 돌리는 일을 하게 되는데 이 압력차를 **수압**이라고 부른다.(그림 2-39)

그림 2-39. 물흐름을 생기게 하는 수압

이때 관의 량끝에서 물을 밀어주는 힘의 차이가 심할수록 물은 수차를 빨리 돌리며 더 많은 일을 할수 있다.

물을 밀어주는 힘이 커지자면 두 물통에서 물높이차를 크게 하여 수압을 크게 해주어야 한다.

이와 마찬가지로 전기회로에서도 《전기의 높이차》가 심할수록 전류의 세기가 커지면서 많은 일을 할수 있다.

그림 2-40. 전류가 흐를 때 전기힘은 일을 한다.

전기회로에 들어있는 전원의 +극은 물면이 높은 물통 A에 해당하고 −극은 물면이 낮은 물통 B에 해당된다.(그림 2-40)

전원의 +극은 −극의 자유전자들을 끌어당기는 전기힘을 주며 결국 회로에서 전기힘이 일을 하게 된다.

이 전기힘이 하는 일에 의하여 전등에서는 불이 켜지며 전동기는 돌아가게 된다.

이처럼 전기회로에서 전류가 흐를 때 전기힘은 일을 하게 된다.

전압과 그 단위

전기회로에서 전류가 흐를 때 전기힘이 하는 일은 전기힘이 클수록 커진다.

물흐름에서 두 물통의 높이차가 클수록 수차를 돌리는 일이 커지듯이 전기회로에서는 전원의 +극과 -극사이에서 《전기의 높이차》가 클수록 전기량을 옮기는 전기힘이 한 일이 커진다.

《전기의 높이차》가 클수록 같은 전기량을 옮기는 전기힘이 하는 일이 커지며 작으면 전기힘이 하는 일도 작아진다.

전기회로의 두 점사이를 1C의 전기량이 흐를 때 전기힘이 한 일과 같은 량을 그 두 점사이에 걸리는 **전압**이라고 부른다.

회로의 두 점사이로 q의 전기량이 흐를 때 전기힘이 한 일이 A라면 전압은 다음과 같이 표시할수 있다.

$$전압=\frac{전기힘이\ 하는\ 일}{전기량}$$

$$U=\frac{A}{q}$$

전압은 언제나 도체의 두 점사이에 걸린다고 말하며 전압의 크기를 전압이 높다, 낮다라는 말로도 표현한다.

전압의 단위는 1V(**볼트**)이다. 1V는 두 점사이로 1C의 전기량이 흐르면서 하는 일이 1J일 때의 전압이다.

1V=1J/1C=1J/C

큰 전압을 잴 때에는 1kV(키로볼트), 1MV(메가볼트), 작은 전압을 잴 때에는 1mV(미리볼트)를 쓴다.

$1V=10^3mV$

$1kV=10^3V$

$1MV=10^3kV$

1.5V
6V
600V
220V

그림 2-41. 몇가지 기구에 걸리는 전압

여러가지 기구에 걸리는 전압을 그림 2-41에 주었다.

전압계와 그 사용법

전압계는 전기회로의 임의의 두 점사이의 전압을 재는 계기이다.(그림 2-42)

전압계에도 직류전압계와 교류전압계가 있다. 직류전압계는 회로에서 기호 $\underline{V}$로, 교류전압계는 $\underset{\sim}{V}$로 표시한다.

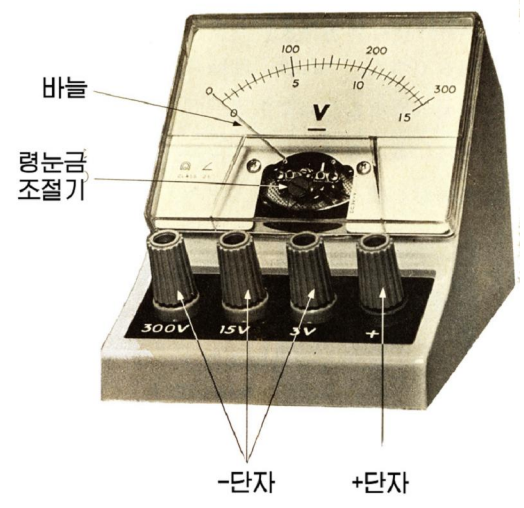



그림 2-42. 전 압 계

전압을 재려면 전압계를 어떻게 련결해야 하는가.

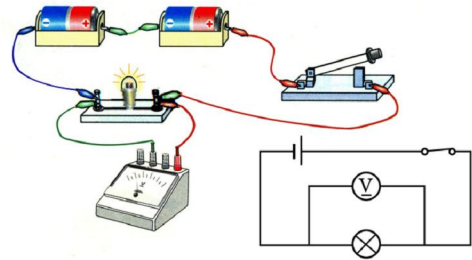
전압을 잴 때에는 회로를 끊지 않고 전압을 재려는 두 점사이에 부하와 병렬로 련결하면 된다.(그림 2-43)

그림 2-43. 전압계의 련결법

300V, 15V, 3V의 단자를 가진 직류전압계로 전등에 걸리는 전압을 재는 경우를 보자.

전등에 걸리는 전압을 재기 위해서는 전등에 전압계를 병렬로 련결하면 된다.

즉 전등의 ＋극에 이어진 단자에는 전압계의 ＋단자를, 전등의 －단자에는 재려는 전압이 어느 정도인가에 따라 300V, 15V, 3V단자를 선택하여 잇는다.

재려는 전압이 어느 정도인지 짐작할수 없는 경우에는 먼저 300V의 단자를 이어보고 알맞는 단자를 선택하여야 한다.

문 제

1. 그림 2-44에서 전압계의 바늘이 가리키는 전압은 얼마인가? □안에 알맞는 값들을 써넣어라.

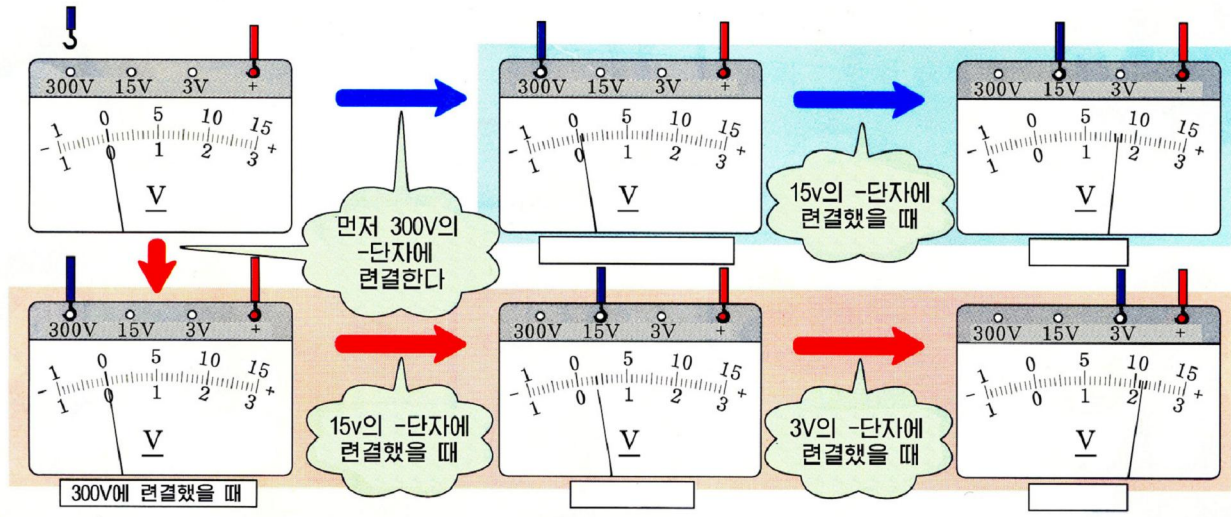



그림 2-44

2. 전등에 10C의 전기량이 흘렀을 때 전기힘이 한 일이 2 000J이였다. 전등에 걸린 전압은 얼마인가?
3. 건전지, 스위치, 작은 전등, 직류전압계가 있다. 이것을 가지고 전기회로를 만들고 작은전등에 걸리는 전압을 측정해보아라.

제8절. 전기저항

강물이 흐를 때 잘 흐르는가 못흐르는가 하는것은 강폭이 넓은가 좁은가, 강바닥이 매끈한가 울퉁불퉁한가에 따라 달라진다. 이와 마찬가지로 도체속으로 전류가 흐를 때 전류의 흐름을 방해하는 저항이 있게 된다.

그러면 전기저항이란 무엇이며 전기저항이 어떤 량에 관계되는가에 대하여 보자.

전기저항과 그 단위

전류의 흐름을 방해하는 작용이 도체에 따라 어떻게 다른가를 알아보자.

실 험

○ 건전지, 동선, 니크롬선, 전류계, 스위치를 가지고 그림 2-45와 같은 전기회로를 만든다.

○ 먼저 AB단자에 동선을 련결한 다음 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 알아본다.

○ 다음 CD단자에 이 동선과 굵기와 길이가 꼭같은 니크롬선을 련결한 다음 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 알아본다.

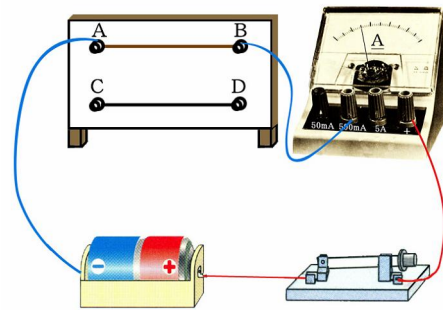



그림 2-45. 도체의 저항을 알아보는 실험

이 실험을 통하여 회로에 같은 전압이 걸려있지만 동선을 련결했을 때의 전류의 세기가 니크롬선을 련결했을 때보다 더 크다는것을 알수 있다.

왜 그런가.

이것은 같은 전압이 걸려도 동선으로는 전류가 잘 흐르고 니크롬선으로는 전류가 잘 흐르지 못한다는것을 보여준다. 즉 니크롬선이 동선보다 전류의 흐름을 방해하는 성질이 더 크다는것을 알수 있다.

전류의 흐름을 방해하는 작용의 크기를 **전기저항** 또는 간단히 **저항**이라고 부른다.

전류의 흐름을 방해하는 저항작용은 도체의 종류에 따라 다른데 이것은 도체가 가지는 고유한 성질이다.

도체에 전류를 방해하는 성질이 클수록 전기저항이 크다고 말하며 도체가 전류를 잘 흘려보낼수록 전기저항은 작다고 말한다.(그림 2-46)

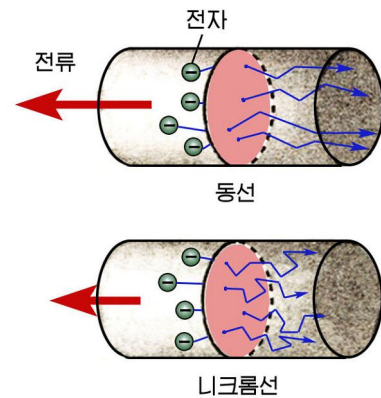



그림 2-46. 도체에서 전기저항

도체의 저항은 R로 표시하며 전기회로에서는 그림 2-47과 같이 표시한다.

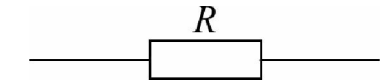



그림 2-47. 저항의 기호표시

전기저항의 국제단위는 1Ω(옴)이다. 1Ω은 1V의 전압을 걸어줄 때 1A의 전류를 흘려보낼수 있는 도체의 저항이다.

$$1\Omega=1V/1A=1V/A$$

큰 저항을 잴 때에는 1kΩ(키로옴), 1MΩ(메가옴)을 쓴다.

$$1k\Omega=10^3\Omega$$

$$1M\Omega=10^3k\Omega=10^6\Omega$$

전기저항은 저항계(회로에서 Ω으로 표시) 또는 회로시험기(테스타)로 잰다.

비저항

전류의 흐름을 방해하는 전기저항은 도체의 종류에 따라 다르다.

? 그러면 같은 도체에서는 전기저항이 다 같겠는가. 다시말하여 같은 종류의 도선이라도 굵기와 길이에 따라 전기저항이 달라지겠는가.

실험

○ 널판자우의 AB단자에는 가는 니크롬선을, CD단자에는 굵은 니크롬선을 늘이고 전지, 스위치, 전류계와 이어 닫긴 회로를 만든다.(그림 2-48의 ㄱ)

○ 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 본다. 가는 니크롬선을 련결했을 때의 전류의 세기가 굵은 니크롬선을 련결했을 때보다 더 작다.

○ 널판자우의 AB단자에 가는 니크롬선을 그대로 두고 CD단자에 그와 굵기는 같고 길이가 짧은 니크롬선을 늘여놓고 역시 전지, 스위치, 전류계와 이어 전기회로를 만든다.(그림 2-48의 ㄴ)

○ 스위치를 닫고 전류계의 눈금을 본다. 길이가 긴 니크롬선을 련결했을 때의 전류의 세기가 길이가 짧은 니크롬선을 련결했을 때보다 더 작다.

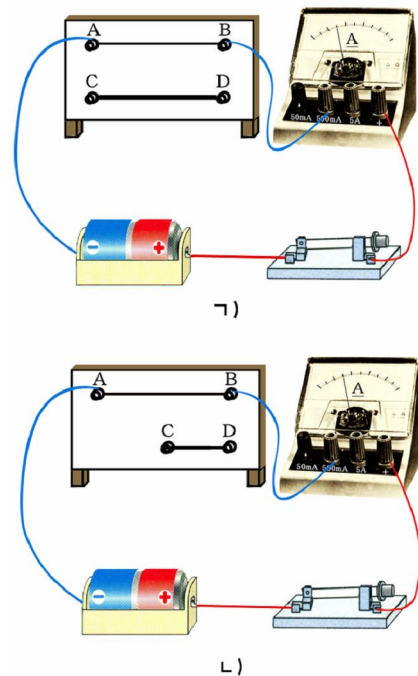



그림 2-48. 전기저항은 무엇에 관계되는가 알아보는 실험

그러면 전기저항은 전기줄의 굵기와 길이에 어떻게 관계되는가.

전기줄의 굵기가 작을수록, 도선의 길이가 길수록 도선으로 흐르는 전류를 방해하는 전기저항이 더 크다.(그림 2-49) 즉 도체의 저항은 도선의 자름면적에 거꿀비례하고 도선의 길이에 비례한다.

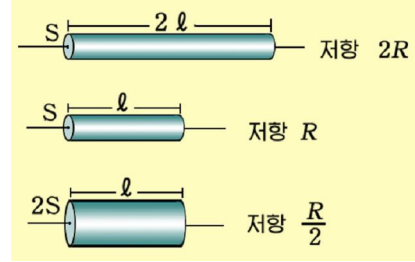



그림 2-49. 도체의 저항과 길이, 자름면적사이 관계

$$저항 = 비저항 \times \frac{길이}{자름면적}$$

$$R = \rho \times \frac{\ell}{S}$$

이 식에서 비례결수 ρ는 도선의 굵기나 길이에는 관계없고 도선의 재질에만 관계되는 량으로서 **비저항**이라고 부른다.

다시말하여 비저항은 자름면적이 $1m^2$이고 길이가 1m인 도선의 저항이다.

비저항의 단위는 1Ω·m(옴-메터)이다. 1Ω·m는 길이가 1m이고 자름면적이 $1m^2$인 도선의 저항이 1Ω이라는것을 나타낸다.

비저항이 작은 동선이나 알루미니움선은 련결선(전기선)으로 쓰고 비저항이 큰 니크롬선은 가열선(저항선)으로 쓴다.

몇가지 물질의 비저항($\times 10^{-8}$ Ω·m)

물 질	비저항	물 질	비저항	물 질	비저항
은	1.62	월프람	5.6	콘스탄탄	50
동	1.7	철	10	수 은	96
알루미니움	2.62	망가닌	45	니크롬	110

[례제] 자름면적이 $0.1mm^2$인 니크롬선으로 저항이 80Ω인 전기인두를 만들려고 한다. 니크롬선의 길이를 얼마로 하여야 하는가?

풀이. 주어진것: $S = 0.1mm^2 = 0.1 \times 10^{-6} m^2$

$R = 80\Omega$

$\rho = 110 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

구하는것: ℓ?

$$R = \frac{\rho \ell}{S} \quad \rightarrow \quad \ell = \frac{RS}{\rho} = \frac{80 \times 0.1 \times 10^{-6}}{110 \times 10^{-8}} = \frac{8 \times 10^2}{110} = 7.2(m)$$

답. 7.2m

1. 동선이나 알루미니움선은 련결도선으로 리용하는데 강철선이나 니크롬선은 왜 련결도선으로 리용하지 않는가?
2. 길이가 3.2m이고 반경이 0.8mm인 철선의 저항을 구하여라.
3. 자름면적이 1mm^2인 어떤 도체 10m의 저항이 4.53Ω이다. 물질의 비저항은 얼마인가?

제9절. 옴의 법칙

작은 전등에 전지 한개를 이었을 때보다 전지 두개를 직렬로 이었을 때 전등불이 더 밝다. 왜 그런가를 알아보자.

전압과 전류의 세기사이관계

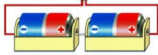
그러면 금속도체에 걸리는 전압과 거기에 흐르는 전류의 세기사이에는 어떤 관계가 있겠는가.

○ 전기다리미의 니크롬선 A(1m정도)를 전지, 전류계와 직렬로 련결하고 니크롬선에 걸리는 전압을 잴수 있게 전압계를 병렬로 이어 회로를 만든다.(그림 2-50)

그림 2-50. 니크롬선에 걸리는 전압과 전류의 세기사이 관계

○ 니크롬선 A에 한개의 전지를 잇고 전압과 전류의 세기를 잰다.

○ 전지 2개, 3개를 잇고 그때마다 니크롬선에 걸리는 전압과 거기에 흐르는 전류의 세기를 잰다.

○ 니크롬선 B(A보다 저항이 더 크다.)를 가지고 우와 같은 실험을 반복하여 두 니크롬선에 걸리는 전압과 거기에 흐르는 전류의 세기를 재여 표에 써넣는다.

전압 U [V]		0	1.5	3	4.4	5.7
전류의 세기 I [mA]	도선 A	0	60	122	162	242
	도선 B	0	26	52	76	94

실험에서 얻은 값들을 가지고 그라프를 그려본다.

그림 2-51. 전압과 전류의 세기사이 관계그라프

가로축에 전압, 세로축에 전류의 세기의 눈금을 새기고 니크롬선 A와 B에 대하여 어떤 전압에서 얼마만한 전류가 흘렀는가를 표시하는 점들을 찍고 선으로 잇는다.(그림 2-51)

이 선은 원점을 지나는 꺾인 선으로 나타나는데 실험에서 오차가 있다는것을 주의하면 전압, 전류의 세기사이관계를 표시하는 그라프가 자리표원점을 지나는 직선이라는것을 알수 있다.

이때 전압을 2배, 3배로 크게 하면 어떻게 되겠는가.

두 그라프가 원점을 지나는 직선으로 표시된다는것은 전압이 2배, 3배, …로 커지면 전류의 세기도 2배, 3배, …로 커진다는것을 의미한다.

그림 2-50에서 같은 전압이 걸렸을 때 두 도선에 흐르는 전류의 세기값들을 비교하면 저항이 작은 니크롬선 A에 흐르는 전류의 세기가 저항이 큰 니크롬선 B에 흐르는 전류의 세기보다 크다는것을 알수 있다.

다시말하여 금속도선에 흐르는 전류의 세기는 그 도선의 저항이 작을수록 크다.

옴의 법칙

우의 실험결과를 묶어보면 다음과 같다.

금속도선에 흐르는 전류의 세기는 거기에 걸린 전압에 비례하고 금속도선의 저항에 거꿀비례한다. 이것을 **옴의 법칙**이라고 부른다.

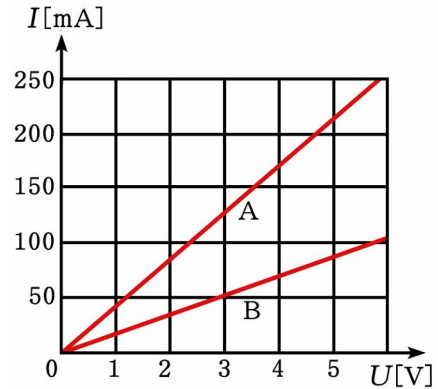
$$\text{전류의 세기} = \frac{\text{전압}}{\text{저항}}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

[례제] 3V의 전압이 걸렸을 때 200mA의 전류가 흐르는 도체의 전기저항은 얼마인가? 이 도체에 12V의 전압이 걸리면 얼마만한 전류가 흐르는가? 이 도체에 500mA의 전류가 흐르게 하자면 얼마의 전압을 걸어야 하는가?

풀이. 주어진것: U_1=3V, I_1=200mA

U_2=12V, I_3=500mA

구하는것: R?, I_2?, U_3?

옴의 법칙에 의하여 $I=\frac{U}{R}$ → $R=\frac{U_1}{I_1}=\frac{3\text{V}}{200\text{mA}}=\frac{3\text{V}}{0.2\text{A}}=15\Omega$

$$I_2=\frac{U_2}{R}=\frac{12\text{V}}{15\Omega}=0.8\text{A}$$

$$U_3=I_3\cdot R=500\text{mA}\cdot 15\Omega=0.5\text{A}\cdot 15\Omega=7.5\text{V}$$

답. 15Ω, 0.8A, 7.5V

문 제

1. 그림 2-51에서 4V의 전압이 걸렸을 때 니크롬선 A와 B에 흐르는 전류의 세기를 알아내여 두 니크롬선의 저항값을 구하여라.
2. 3V의 전압에서 전류의 세기가 20mA인 전류가 흐르는 도체의 저항은 얼마인가?
3. 저항이 40Ω인 도체에 5V의 전압이 걸렸을 때 흐르는 전류의 세기를 구하여라.
4. 저항이 44Ω인 도체에 5A의 전류가 흐를 때 도체에 걸린 전압은 얼마인가?

일화 — **옴의 법칙의 발견**

중학교 교원이였던 도이췰란드의 물리학자 옴(1787-1854)은 전기에 대하여 특별한 흥미를 가지고있었다.

어느날 실험실에서 전기실험에 열중하고있던 그는 머리를 쉬우려고 즐겨찾는 라인강변을 거닐게 되였다.

얼핏 보면 한가로이 산보를 하는것 같았으나 그는 이딸리아 학자 볼타가 발명한 전지의 《흐르는 전기》에 대한 실험을 다시금 머리속에서 분석해보고있었다.

조용히 흘러가는 강물을 주의깊게 바라보던 옴은 저 강물이 바다로 흘러드는것은 분명 강의 상류와 하류의 물높이차때문이다, 그렇다면 전기도 그런 높이차가 있기때문에 흐르는것이 아닐가 하는 생각이 떠올랐다. 그는 밤길을 계속 거닐면서 상류와 하류의 물높이차가 클수록 물흐름량이 세진다, 이와 근사하게 전기의 흐름도 두 전극사이의 전압이 클수록 더 세지지 않겠는가 하는 생각에 이르자 즉시 실험실로 돌아왔다. 옴은 실험을 거듭하던 끝에 전류의 세기는 전압에 비례한다는 유명한 법칙을 발견하였으며 1827년에 세상에 발표하였다. 그후 옴은 대학교수로 임명되였다.

제10절. 저 항 기

전기회로에서 전류의 세기와 전압을 조절할 때에는 저항이 큰 도체인 저항기를 많이 쓴다. 전기회로에서 쓰이는 저항값이 일정한 도체로 된 전자요소를 **저항기**라고 부른다.

저항기에는 어떤 형태가 있으며 그 원리는 무엇인가.

고정저항기

전기회로에서 저항값을 일정하게 유지하는 저항기를 **고정저항기**라고 부른다.

고정저항기에는 권선저항기, 얇은막저항기 등 여러가지가 있다.

권선저항기는 사기관의 겉면에 니크롬선이나 콘스탄탄선을 감아서 만든것이다.(그림 2-52의 ㄱ)

얇은막저항기는 사기관의 겉면에 탄소가루(또는 금속가루나 금속산화물가루)를 입혀서 만든다.(그림 2-52의 ㄴ)

고정저항기는 라지오나 TV 등에 널리 쓰인다.

그림 2-52. 고정저항기

가변저항기

전기회로에 이어지는 저항값을 크게 또는 작게 변화시킬수 있는 저항기를 **가변저항기**라고 부른다.

가변저항기에는 저항값을 련속적으로 변화시키는 미끄럼저항기와 불련속적으로 변화시키는 상자저항기가 있다.

미끄럼저항기는 실험실에서 많이 쓰는 가변저항기이다.(그림 2-53의 ㄱ)

미끄럼저항기는 비저항이 크고 온도에 따라 저항값의 변화가 거의 없는 망가닌선이나 콘스탄탄선을 사기원통에 감아서 만든다.

이 저항기에는 저항선의 두 끝에 이어진 고정단자 a, b와 함께 저항선을 따라 이동할수 있는 미끄럼단자 c가 있다.

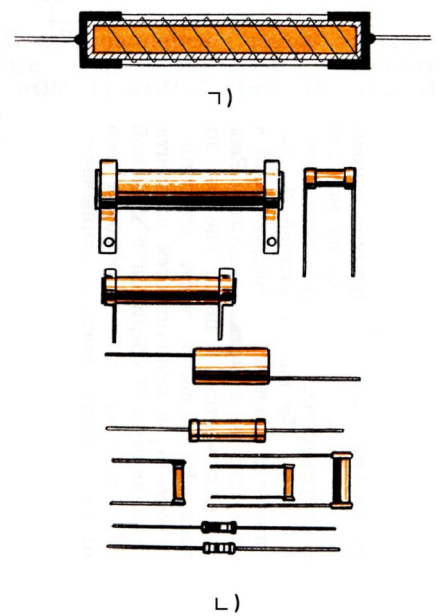
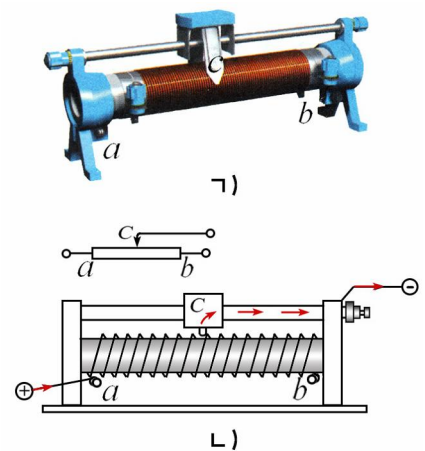



그림 2-53. 미끄럼저항기

미끄럼단자 c가 이동하는데 따라 단자 a와 c 또는 b와 c사이의 저항선의 길이가 변하므로 그 단자들사이 저항값이 변하게 된다.(그림 2-53의 ㄴ)

저항기의 두 끝의 단자 a, b사이의 저항이 R일 때 단자 a와 c사이의 저항은 0으로부터 R까지의 범위에서 련속적으로 변화시킬수 있다.

전등, 전류계, 미끄럼저항기, 전지로 이어진 전기회로를 만들고 미끄럼단자 c를 이동시키면 전등에 흐르는 전류의 세기가 조절된다.(그림 2-54)

그림 2-54. 미끄럼저항기에 의한 전류의 세기 조절

또한 미끄럼저항기는 전등이나 기구에 걸리는 전압을 조절하여 필요한 각이한 전압을 얻는 전압분배기로 많이 쓰인다.(그림 2-55)

그림 2-55. 미끄럼저항기에 의한 전압 조절

TV나 록음기와 같이 전류의 세기가 약한 전기회로에서 쓰이는 화면조절기나 음량조절기는 다 미끄럼저항기이다.(그림 2-56)

조절기의 손잡이를 돌리면 저항선(또는 저항이 큰 탄소가루를 입힌 판)을 따라 미끄럼단자가 이동하면서 저항값이 변한다. 이것을 **보룜**이라고 부른다.

그림 2-56. 보 룜

상자저항기는 보다 정밀한 측정을 할 때 표준저항으로 쓰이는 가변저항기이다.(그림 2-57의 ㄱ)

상자저항기에서는 각이한 저항값을 가진 저항선토막들을 련결하는 방법으로 저항값을 변화시킨다.

손잡이를 돌리거나 련결꽂개를 꽂거나 뽑는 방법으로 상자저항기의 저항선토막을 련결한다.(그림 2-57의 ㄴ)

그림 2-57. 상자저항기

문 제

1. 그림 2-54와 같은 회로에서 전등을 더 밝게 하자면 가변저항기의 미끄럼단자를 어느 쪽으로 옮겨야 하는가?
2. 자름면적이 $1mm^2$인 콘스탄탄선 20m를 감아서 미끄럼저항기를 만들었다. 이 가변저항기로 저항을 어떤 범위에서 변화시킬수 있는가?

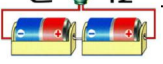
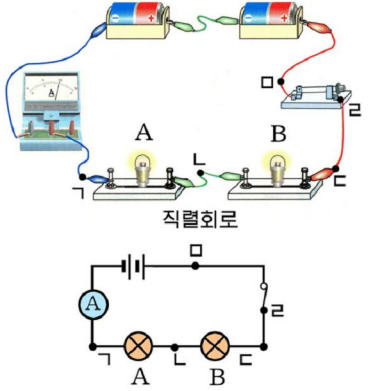
3. 미끄럼저항기에 《300Ω, 5A》라는 글이 씌여져있다. 이것은 무엇을 의미하는가?

4. 자름면적이 $2mm^2$인 니크롬선으로 10Ω의 저항기를 만들려고 한다. 선의 길이를 얼마로 해야 하는가? 자름면적이 $1mm^2$이고 길이가 1m인 니크롬선의 저항은 1.1Ω이다.

제11절. 직렬회로에서 전류의 세기와 전압, 저항

밝은 빛을 내며 밤거리를 아름답게 불장식하고있는 수많은 꽃전등들은 전기회로를 이루고있다. 또한 TV나 록음기 등 전자기구들에는 스위치, 저항기를 비롯하여 수많은 요소들이 복잡한 전기회로를 이루고있다.

아무리 복잡한 전기회로라도 구체적으로 따져보면 결국은 직렬회로와 병렬회로의 결합으로 이루어져있다.

그러면 직렬회로란 어떤 회로이며 직렬회로에서 전류의 세기와 전압, 저항은 어떻게 되는가.

직렬회로에서 전류의 세기와 전압

한 전등(도체)에 흐르는 전류가 다음 전등(도체)에 그대로 모두 흘러들어가게끔 이어진 전기회로를 **직렬회로**라고 부른다.(그림 2-58)

직렬회로에서 도체들에 흐르는 전류의 세기는 어떻게 되는가.

실험

○ 2개의 작은 전등을 전원과 직렬로 련결하여 회로를 만든다.(그림 2-58)

○ 이 회로의 ㄱ점을 끊고 거기에 전류계를 이어 전류의 세기를 재여본다.

○ 같은 방법으로 ㄴ점과 ㄷ점을 끊고 전류계를 잇고 전류의 세기를 재여본다. ㄱ, ㄴ, ㄷ점에서 전류의 세기는 다같다.

○ 회로에서 도선 ㄷ점과 ㄹ점사이 전압을 재여보면 0과 같다.

그림 2-58. 직렬회로에서 전류, 전압 알아보기

즉 전등 A로 들어오는(ㄱ점) 전류의 세기, 전등 A에서 나오는 또는 전등 B로 들어가는(ㄴ점) 전류의 세기, 전등 B에서 나오는(ㄷ점) 전류의 세기는 다 같다.

즉 직렬회로에서 전류의 세기는 어디서나 같다.

$$I_{ㄱ}=I_{ㄴ}=I_{ㄷ}=I$$

이것은 마치도 물흐름에서 하나의 수로를 지나가는 물량이 수차를 돌리기 전이나 돌린 후에나 변하지 않는것과 같이 생각할수 있다.(그림 2-59)

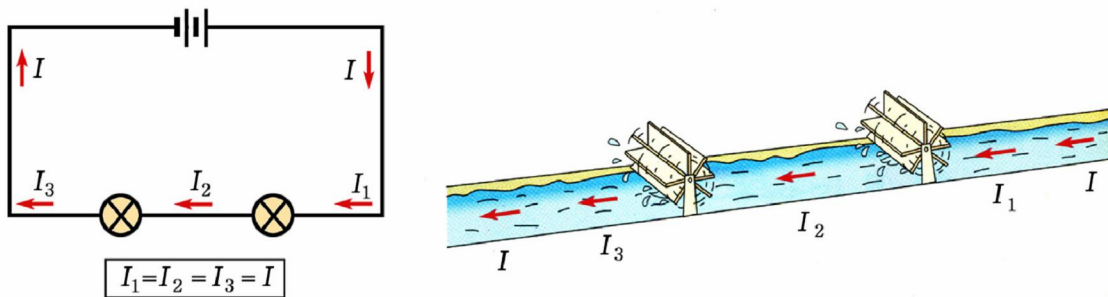



그림 2-59. 직렬회로에서 전류와 물의 흐름의 비교

그러면 직렬회로에서 도체들에 걸리는 전압이 어떻게 되는가.

실험

○ 그림 2-58에서 전등 B에 걸리는 전압 U_1,(ㄴ점과 ㄷ점사이) 전등 A에 걸리는 전압 U_2,(ㄱ점과 ㄴ점사이) 두 전등에 걸리는 전체 전압 U(ㄱ점과 ㄷ점사이)를 측정하고 비교한다.

○ 도선에 걸리는 전압(ㄷ점과 ㄹ점사이)을 재면 0과 같다.

○ 전원의 두 단자사이전압(ㄱ점과 ㅁ점사이)은 두 전등에 걸리는 전압과 같다.

직렬회로에 걸리는 전압은 매개 도체에 걸리는 전압들의 합과 같다.

$$U=U_1+U_2$$

이것은 뽐프에 의해 퍼올려진 물이 두 계단으로 된 수로를 거쳐 흐르면서 수차를 돌리는것과 비슷하다.(그림 2-60)

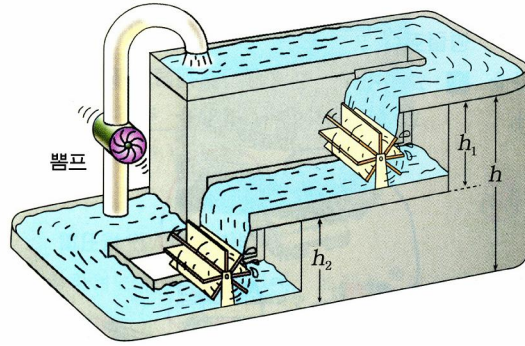
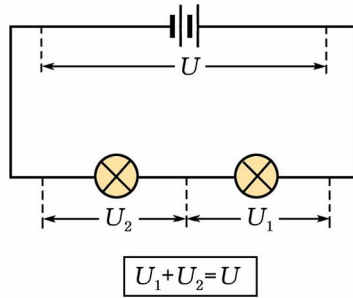



그림 2-60. 직렬회로에서 전압과 물높이차와의 비교

직렬회로에서 전기저항

그림 2-58 에서 두 전등의 저항을 각각 R_1, R_2 이라고 하자.

옴의 법칙에 따라 R_1 와 R_2 에 걸리는 전압을 구하면

$$U_1 = I \cdot R_1$$
$$U_2 = I \cdot R_2$$

두 전등에 걸리는 전압이 $U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$ 이고 두 전등의 총 저항을 R 라고 하면 $U = I \cdot R$ 이므로 두 식을 비교하면 $R = R_1 + R_2$ 로 된다.

직렬회로에서 전체 전기저항은 매개 도체의 전기저항의 합과 같다.

$$R = R_1 + R_2$$

도체의 직렬련결은 명절날 장식등이나 무리등에서 많이 리용되고있다.

[례제] 태양절과 광명성절을 맞으며 가로수들을 색전등으로 장식하려고 한다. 색전등은 12V의 전압에서 쓸수 있는것들이다. 220V의 전원을 리용하여 색전등을 켜려면 몇개의 전등을 어떻게 련결하여야 하겠는가?

풀이. 주어진것 : U_1 =12V
U =220V

구하는것 : n?

직렬회로에서 전체 전압은 매개 전등에 걸리는 전압의 합과 같으므로 12V 짜리 색전등을 다 직렬로 련결하면 된다.

$$U = nU_1 \ \rightarrow \ n = \frac{U}{U_1} = \frac{220\text{V}}{12\text{V}} = 18.3\,(\text{개})$$

답. 19 개를 직렬로 련결해야 한다.

문 제

1. 어떤 회로에서 세개의 저항을 직렬로 련결하고 거기에 220V의 전압을 걸어주었더니 첫째 저항에는 55V, 둘째 저항에는 85V의 전압이 걸리였다. 셋째 저항에 걸린 전압은 얼마인가?
2. 저항이 각각 250Ω, 100Ω인 두 전등을 직렬로 이은 회로에 200V의 전압을 걸었다. 회로에 흐르는 전류의 세기와 매 전등에 걸리는 전압을 구하여라.
3. 2개의 꼭같은 110V용전등을 220V의 전원에 련결하여 쓸수 있겠는가? 어떻게 하면 되겠는가? 전등 1개의 저항이 275Ω이라면 이 회로에 흐르는 전류의 세기는 얼마이겠는가?

전압계의 측정한계 늘구기

재려는 전압(R에 걸리는 전압)의 값이 전압계의 측정한계를 넘는 경우 전압계와 직렬로 **부가저항**을 련결하여 측정범위를 넓힐수 있다. 그림 2-61과 같이 전압계와 직렬로 $R_{부}$를 련결하면 재려는 높은 전압 U는 전압계와 저항 $R_{부}$에 나뉘여 걸린다.

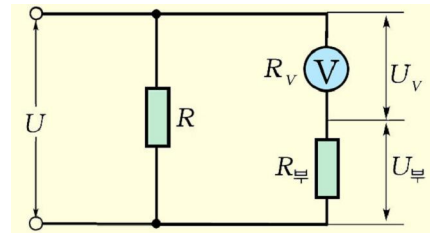



그림 2-61. 전압계의 측정한계 늘구기

즉 $$U = U_1 + U_2$$

전압계의 내부저항을 R_V, 여기에 흐르는 전류의 세기를 I_V라고 하자.

$$U_V = I_V R_V$$
$$U_{부} = I_V R_{부}$$

이다.

전압계로 흐르는 전류의 세기는 $R_{부}$로 흐르는 전류의 세기와 같다.

$$I_V = \frac{U_V}{R_V} = \frac{U_{부}}{R_{부}}$$

$R_{부} = \frac{U_{부}}{U_V} R_V$ 만 한 부가저항을 전압계와 직렬로 달아주면 된다.

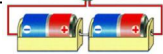
제12절. 병렬회로에서 전류의 세기와 전압, 저항

우리가 사는 집의 매 방들이나 학교의 교실마다 설치된 여러개의 전등들가운데서 한개 전등이 끊어져도 다른 전등은 꺼지지 않으며 그대로 불이 켜져있다. 이것은 전등들을 모두 병렬로 련결하였기때문이다.

그러면 병렬회로란 무엇인가.

병렬회로에서 전류의 세기와 전압

회로에 흐르는 전류가 전등(도체)들에 갈라져 흐르도록 이어진 회로를 **병렬회로**라고 부른다.(그림 2-62)

❓ 병렬로 련결된 도체에서 전류의 세기는 어떻게 되는가.

○ 그림 2-62와 같이 두개의 작은 전등을 병렬로 련결한다.

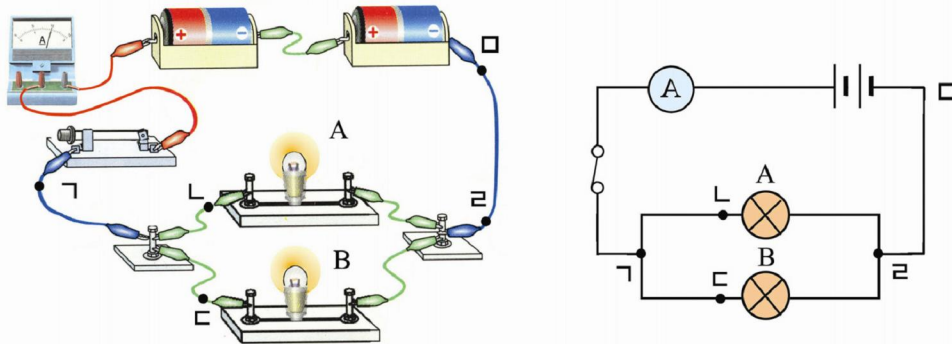



그림 2-62. 도체의 병렬련결

○ 회로의 ㄱ점을 끊고 전류계를 이어 두 전등에 흐르는 전체 전류의 세기를 잰다.

○ 회로의 ㄴ, ㄷ점들을 끊고 전류계를 이어 첫 전등 A에 흐르는 전류의 세기와 둘째 전등 B에 흐르는 전류의 세기를 잰다. 이때 전체 전류의 세기는 매개 전등에 흐르는 전류의 세기들을 더한것과 같다.

회로에서 전류가 갈라지거나 합쳐지는 점 ㄱ(또는 ㄹ)을 **분기점**이라고 부른다.

여기서 무엇을 알수 있는가.

병렬회로에서 분기점으로 들어가는 전류의 세기는 거기에서 갈라져나오는 전류

의 세기들의 합과 같다.

$$I = I_1 + I_2$$

이것은 그림 2-63과 같이 두개로 갈라진 수로를 생각할 때 수로가 갈라지면 매개 수로에 흐르는 물의 량은 적어지지만 그 물량의 합은 갈라지기 전과 다름이 없는것과 비슷하다.

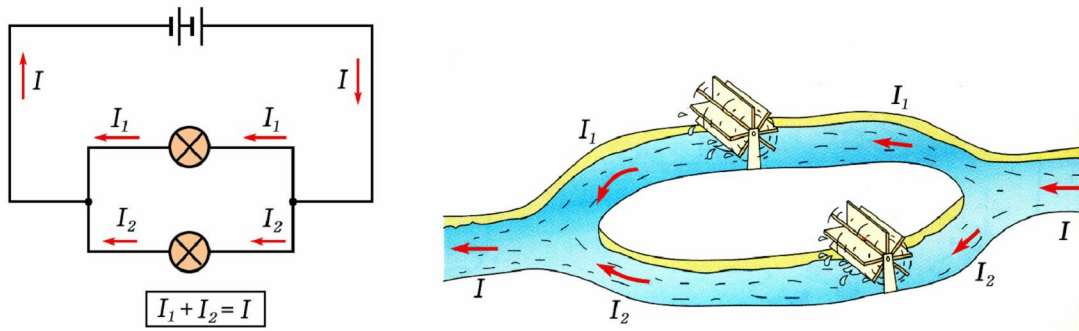



그림 2-63. 병렬회로에서 전류와 물흐름의 비교

병렬회로에서 전압은 어떻게 되는가.

실험

○ 그림 2-62회로에서 매 전등에 걸리는 전압을 재여본다. 즉 전등 A에 걸리는 전압 U_1 (ㄴ점과 ㄹ점사이), 전등 B에 걸리는 전압 U_2 (ㄷ점과 ㄹ점사이)을 재여본다. 그러면 두 전등에 걸리는 전압은 같다.

○ 두 분기점사이에 걸리는 전압 U (ㄱ점과 ㄹ점사이)와 전원의 단자전압 $U_{단}$(ㄱ점과 ㅁ점사이)을 재고 비교한다. 이때도 두 전압은 다 같다.

실험을 통하여 매개 전압은 다 같다는것을 알수 있다.

즉 병렬회로에서 매 도체(전등)들에 걸리는 전압은 다 같다.

$$U_1 = U_2 = U$$

이것은 그림 2-64와 같이 두개로 갈라진 수로에서 뽐프로 퍼올린 물이 같은 높이에서 두개로 갈라져 떨어지면서 수차를 돌리는것과 비슷하다.

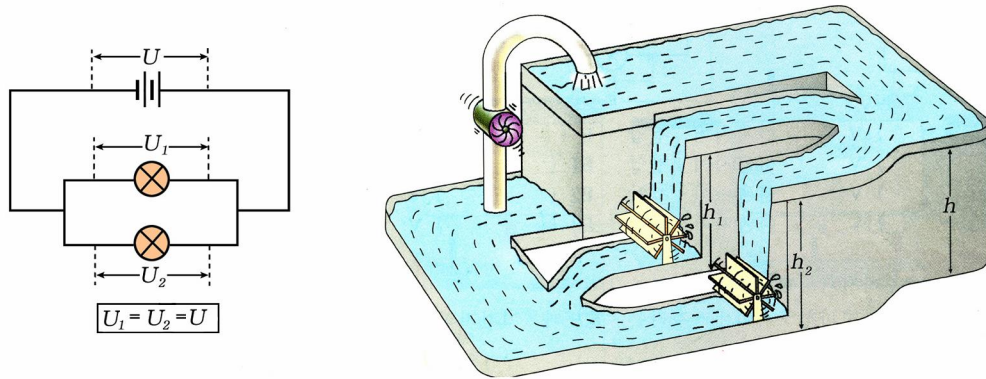



그림 2-64. 병렬회로에서 전압과 물높이차와의 비교

병렬회로에서 전기저항

전지에 두개의 전등을 병렬로 련결하면 한개의 전등을 련결했을 때보다 전등불이 더 밝아진다. 왜 그런가.

두 전등의 저항을 각각 R_1, R_2이라고 하자. 병렬회로이므로 두 저항에 걸리는 전압은 다 같다. 즉

$$U_1 = I_1 R_1, \qquad U_2 = I_2 R_2$$

$$I_1 = \frac{U_1}{R_1}, \qquad I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

한편 병렬회로에서 전체 전류의 세기는 $I = I_1 + I_2$이므로

$$I = I_1 + I_2 = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$$

이다. 전체 저항을 R라고 하면

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}$$

여기서 전압은 $U_1 = U_2 = U$ 이므로

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

로 된다. <u>병렬회로의 전체 저항의 거꿀수는 매개 전기저항의 거꿀수들의 합과 같다.</u>

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \rightarrow R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

도체의 병렬련결은 일상생활이나 여러 기술분야에서 널리 리용되고있다. 학교와

가정의 모든 전등이나 전기기구들은 다 병렬로 련결되여있다.(그림 2-65)

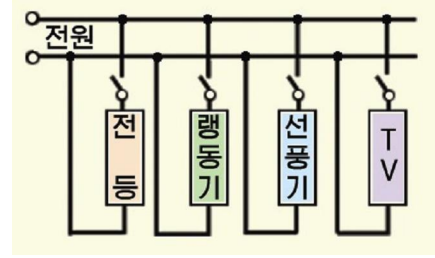



그림 2-65. 가정에서 전기기구들의 련결

[례제] 1kΩ의 전기저항을 가진 전등 5개를 병렬로 련결한 회로에서 200V의 전압을 걸었을 때 흐르는 전체 전류의 세기는 얼마인가?

풀이. 주어진것: R_1=1kΩ=1 000Ω

n=5 개

U=200V

구하는것: I ?

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$R_1 = R_2$ 이라면 $R = \frac{R_1^2}{2R_1} = \frac{R_1}{2}$

즉 꼭같은 저항을 여러개 병렬로 이었을 때 전체 저항은 한개 저항의 크기를 그 저항의 개수로 나눈것과 같다.

$$\therefore \text{ 전체 저항 } R = \frac{R_1}{n} = \frac{1\ 000}{5} = 200(\Omega)$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{200\text{V}}{200\Omega} = 1(\text{A})$$

답. 1A

1. 병렬로 련결된 세개의 전등을 스위치를 거쳐 전지에 련결한 전기회로도를 그려보아라.
2. 그림 2-62에서 전등에 걸리는 전압은 전원의 단자전압과 같다. 그 리유는 무엇인가?
3. 두 도체를 병렬로 잇고 6V의 전압을 걸었다. 첫째 도체에 1.2A, 둘째 도체에 0.6A의 전류가 흘렀다면 매 도체의 저항과 회로전체의 저항은 얼마인가? 여기서 무엇을 알수 있는가?
4. 그림 2-66의 두 단자에 전지를 이으면 두 전등이 켜진다. 이때 스위치 1을 열면 전등 ㄱ가 꺼지고 스위치 2를 열면 두 전등이 모두 꺼진다. 통안의 전기회로를 그려보아라.

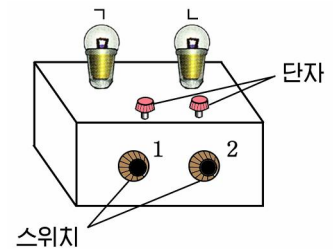



그림 2-66

전류계의 측정한계 늘구기

재려는 전류(R에 흐르는 전류)의 값이 전류계의 측정한계를 넘는 경우 **분류기**(분기저항)를 써서 측정범위를 넓힐수 있다.(그림 2-67)

그림 2-67. 전류계의 측정한계 늘구기

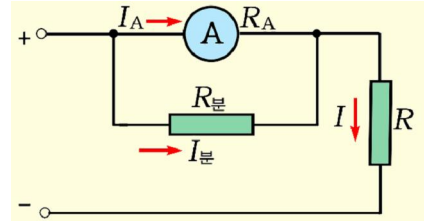
분기저항 $R_분$을 전류계와 병렬로 련결하면 R에 흐르는 전류는 전류계와 $R_분$에 흐르는 전류의 세기의 합과 같다. 즉

$$I = I_A + I_분$$

그리고 그림에서 보는것처럼 전류계와 분기저항 $R_분$은 병렬로 이어졌으므로 두끝에 걸리는 전압은 같다.

$$U_A = U_분$$

$$I_A R_A = I_분 R_분$$

따라서 $R_분 = \frac{I_A}{I_분} R_A$ 만 한 분기저항을 전류계와 병렬로 달아주면 된다.

문제: 건전지, 전류계, 전압계, 작은 전등, 가변저항기, 스위치로 전기회로를 만들고 작은 전등의 저항을 결정하여라.

방향: · 가변저항기에 의한 전압조절회로를 만들고 전압을 변화시킨다.

· 변화되는 전압에 따르는 전류의 세기를 재고 전압과 전류의 세기사이 그라프를 그려본다.

· 그라프를 리용하여 작은 전등의 저항을 계산한다.

복습문제

1. 명주천에 마찰한 염화비닐대와 염화비닐판에 마찰한 금속구가 서로 끌어당긴다. 다음의 세가지 경우 어느것이 정확한가를 따져보고 그 리유를 밝히여라.
   ㄱ) 전기띤 명주천과 염화비닐판은 서로 끌어당긴다.
   ㄴ) 전기띤 명주천과 염화비닐판은 서로 밀어버린다.
   ㄷ) 전기띤 명주천과 염화비닐판은 아무런 힘도 작용하지 않는다.

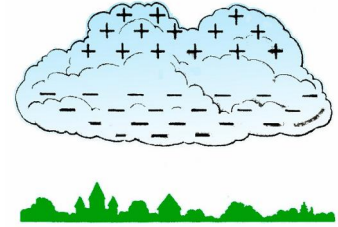
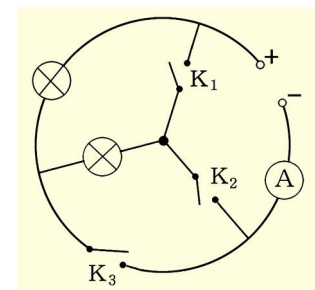



그림 2-68

2. 번개가 일어나는것은 구름이 전기를 띠였기때문이다. 왜 구름이 전기를 띠겠는가?(그림 2-68)
3. 다음 문장에서 정확한것을 찾아라.
   양전기를 띤 물체를 검전기의 머리에 가져다대면 검전기는 양전기를 띤다. 그 원인은
   ㄱ) 원자핵의 양전기가 물체로부터 검전기로 옮겨가기때문이다.
   ㄴ) 전자가 양전기를 띤 물체로부터 검전기로 옮겨가기때문이다.
   ㄷ) 전자가 검전기로부터 양전기를 띤 물체에로 옮겨가기때문이다.
   ㄹ) 원자핵이 검전기로부터 양전기를 띤 물체에로 옮겨가기때문이다.
4. 털에 마찰한 염화비닐막대기가 띤 전기량이 10^{-8}C이다. 몇개의 전자가 어디에서 어디에로 옮겨갔겠는가?
   (**답**. 약 6.25×10^{10}개)
5. 속을 들여다볼수 없는 통안에 꼭같은 건전지 세개가 들어있다. 통의 겉에는 세개의 단자가 있다. 작은 전등을 단자 1, 2사이에 이으면 불이 어둡게 켜지고 2, 3사이에 이으면 밝게 켜지며 1, 3사이에 이으면 아주 밝게 켜진다. 통안에서 전지가 어떻게 련결되였겠는가? 회로도를 그려라.

그림 2-69

6. 그림 2-69에서 스위치 K_1, K_2, K_3을 어떻게 열고 닫으면 회로가 아래의 조건을 만족시키겠는가?
   ㄱ) 직렬회로
   ㄴ) 병렬회로
   ㄷ) 전원의 두 극을 도선으로 이은 상태
   ㄹ) 회로가 끊어진 상태
7. 전기줄의 자름면을 지나 2min동안에 120C의 전기량이 지나갔다면 전류의 세기는 얼마인가? 이때 지나간 전자의 수는 몇개나 되는가?
   (**답**. 1A, 7.5×10^{20}개)

8. 자동차에 발동을 걸어줄 때 200A의 전류가 흐른다. 발동을 거는 시간이 25s라면 발동을 거는 동안 얼마의 전기량이 흘렀는가?

(답. 5 000C)

9. 3A까지 잴수 있는 전류계 2개로 4A의 전류가 흐르고있는 회로의 전류의 세기를 잴수 있겠는가? 어떻게 하면 되겠는가?

10. 무궤도전차의 전동기에 250A의 전류가 흐르고있다. 이 전동기가 10s동안에 1.5×10^6J의 일을 하였다면 이 전동기에 걸리는 전압은 얼마인가?

(답. 600V)

11. 용접기에 흐르는 전류의 세기가 200A이고 용접기에서 5min동안에 2.4×10^6J의 일을 하였다면 이 용접기에 걸리는 전압은 얼마인가?

(답. 40V)

12. 전압계는 전기부하와 병렬로 잇는다. 그러면 전류가 전기부하와 전압계로 갈라져 흐를것이다. 그런데 어떻게 전기부하에 걸린 전압을 잰다고 하는가? 결국 전압계는 무엇을 재는 계기라고도 말할수 있겠는가?

13. 150V까지 잴수 있는 전압계 2개로 200V 전압이 걸리는 전기부하의 전압을 잴수 있겠는가? 어떻게 하면 되겠는가?

14. 다음의 말이 정확한가를 판단하여라.

ㄱ) 도체의 전기저항은 전압에 비례하고 전류의 세기에 거꿀비례한다.

ㄴ) 전압이 높아지면 전류의 세기가 커지므로 저항은 작아진다.

ㄷ) 전압이 높아지면 전류의 세기가 커지므로 저항은 커진다.

ㄹ) 전압이 일정해도 전류가 많이 흐르면 저항은 커진다.

ㅁ) 전압이 일정해도 전류가 많이 흐르면 저항은 작아진다.

ㅂ) 도체의 전기저항은 전압이나 전류의 세기에 관계없이 일정하다.

15. 전류가 흐르지 않는 전등의 월프람가열선조의 저항을 저항계로 재였더니 110Ω이였다. 그런데 전류가 흐르는 전등의 저항을 알기 위하여 전압계와 전류계를 이었더니 각각 220V, 0.3A였다. 전류가 흐를 때 전등의 저항은 얼마인가? 이것을 보고 무엇을 알수 있는가?

(답. 733.3Ω)

16. 쇠줄의 길이를 1.4배로 늘구었더니 자름면적은 10/12으로 줄어들었다. 쇠줄의 저항은 몇배로 커졌는가?

(답. 1.68배)

17. 직경이 D인 사기원통에 콘스탄탄선을 n번 감아서 만든 미끄럼저항기가 있다. 미끄럼저항기의 길이는 x이고 총 저항은 R이다. 콘스탄탄의 비저항을 표시하

는 식을 구하여라.

(답. $\frac{Rx^2}{4Dn^3}$)

18. 같은 종류의 금속으로 만든 두개의 전기줄이 있는데 줄의 길이는 갈고 저항의 비는 $R_1:R_2=2:3$이다. 이 전기줄들의 무게의 비는 얼마인가?

(답. $F_2:F_1=2:3$)

19. 도체에 걸리는 전압이 8V일 때 전류의 세기가 0.2A이다. 전류의 세기가 0.1A, 0.6A, 2A가 되려면 전압을 각각 얼마로 해야 하는가? $I-U$ 그라프를 그려보아라.

(답. 4V, 24V, 80V)

20. 도체에 걸린 전압이 4V일 때 전류의 세기가 0.2A이다 전압이 8V, 20V걸릴 때 전류의 세기는 얼마이겠는가? (답 0.4A, 1A)

21. 그림 2-70은 세개의 도체들에서 전류의 세기와 전압 사이의 관계를 표시한 그라프이다. 매 도체의 저항을 구하여라. (답. 4Ω, 20Ω, 40Ω)

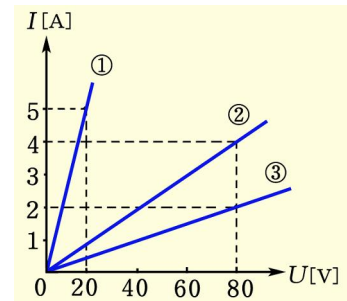



그림 2-70

22. 어떤 회로에서 전압이 2V일 때 0.5A의 전류가 흐른다. 이 회로에 20V의 전압을 걸어주면 전류의 세기는 얼마로 되겠는가? (답. 5A)

23. 4V의 전압으로 20mA의 전류가 흐르는 도체에 3V의 전압이 걸리면 얼마만한 전류가 흐르겠는가? 이 도체에 50mA의 전류가 흐르게 하려면 전압은 얼마여야 하겠는가? (답. 15mA, 10V)

24. 저항이 17.5Ω인 작은 전등에 12s동안에 1.92C의 전기량이 흘렀다. 이 전등의 두끝에 걸린 전압은 얼마인가? (답. 2.8V)

25. 6kΩ의 저항 3개를 가지고 모두 몇가지의 저항을 만들어쓸수 있는가?

26. 어떤 미끄럼저항기의 총 저항은 1kΩ이고 최대전류는 0.2A이다. 이 저항기로 조절할수 있는 전압의 범위는 얼마인가? (답. 0～200V)

27. 100Ω의 저항이 전원과 이어져있다. 전류를 재기 위하여 그 회로에 저항이 1Ω인 전류계를 이었더니 5A를 가리켰다. 전류계를 넣기 전 회로의 전류의 세기는 얼마이겠는가? (답. 5.05A)

28. 소형발전소에서 500m 떨어진 곳에 있는 전동기에 전기를 공급한다. 이 전동기는 220V에서 9A의 전류를 요구한다. 여기에 직경이 3mm인 동선을 썼다면 발전기는 얼마만한 전압을 내야 하는가? (답. 241.65V)

29. 저항 $R_2=15\Omega$, $R_3=5\Omega$을 병렬로 이은 회로에 저항 $R_1=10\Omega$을 직렬로 이었다. 회로의 전체 저항은 얼마인가? 회로에 걸리는 전압이 80V일 때 매 저항에 걸리

는 전압과 거기에 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?

(**답**. 13.75Ω, 58.2V, 21.8V, 21.8A, 5.82A, 1.45A, 4.37A)

30. 10Ω과 15Ω의 저항을 직렬로 련결하고 여기에 25Ω의 저항을 병렬로 이었다. 회로전체의 저항은 얼마인가? 이 회로에 20V의 전압을 걸었을 때 전체 전류의 세기는 얼마인가? (**답**. 12.5Ω, 1.6A)

31. 두 지점 A, B사이에 늘인 두 통신선의 저항이 각각 800Ω이고 AB사이의 거리는 10km이다. AB사이의 어떤 곳에서 한 통신선이 끊어져 다른 선에 닿았는데 이때 전원의 단자에 이은 전압계는 10V, 통신선에 이은 전류계는 40mA를 가리킨다. A로부터 통신선이 서로 닿는 지점까지의 거리는 얼마인가?(그림 2-71)

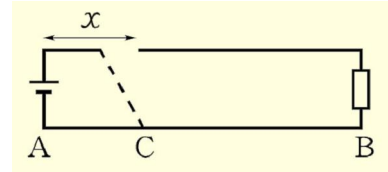



그림 2-71

(**답**. 1.56km)

32. 10km구간에 송전선을 자름면적이 10mm^{2}인 동선으로 늘이였다. 이 동선의 자름면적은 1mm^{2}이고 길이가 1m일 때 저항은 0.017Ω이다. 5A의 전류가 흐를 때 송전선에 걸리는 전압은 얼마인가? (**답**. 85V)

33. 220V용전등 1과 작은 전등 2를 220V의 전원에 직렬로 이은 회로가 있다.(그림 2-72) 전등 1의 저항은 1kΩ이고 전등 2의 저항은 10Ω이다. 스위치 K를 닫았을 때 전등 1과 2에 걸리는 전압은 각각 얼마인가? 스위치를 열었을 때 전등 1과 2에 걸리는 전압은 각각 얼마인가?

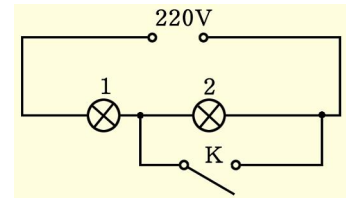



그림 2-72

(**답**. 닫았을 때 220V, 0V, 열었을 때 217V, 2.17V)

34. 3개의 저항을 그림 2-73과 같이 병렬 및 직렬로 련결하였다.
   ㄱ) 점 A, C사이의 저항을 구하여라.
   ㄴ) 점 B, C사이에 걸리는 전압은 얼마인가?
   ㄷ) 3Ω과 2Ω의 저항에 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?

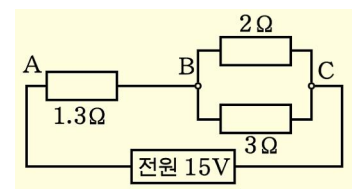



그림 2-73

(**답**. ㄱ) 2.5Ω ㄴ) 7.2V ㄷ) 2.4A, 3.6A)

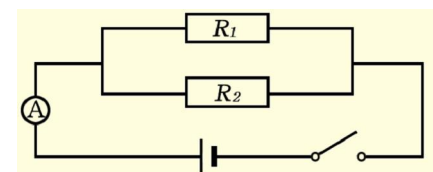
35. 그림 2-74에서 R_1=30Ω, R_2=20Ω이다. R_1에 흐르는 전류의 세기가 0.8A일 때 회로에 걸리는 전압과 전류계가 가리키는 전류의 세기 및 R_2에 흐르는 전류의 세기를 구하여라.

(**답**. 24V, 2A, 1.2A)

그림 2-74

36. 10Ω의 저항을 가진 전기줄로 고리를 만들었다. 저항이 0.9Ω이 되게 하려면 련결선을 고리의 어떤 두 점에서 뽑아내야 하겠는가? (**답**. $\ell_1 : \ell_2 = 1:9$)

37. 직렬로 이은 두 저항에서 한 저항은 다른 저항보다 n배로 크다. 이것을 병렬로 이은 다음에 직렬로 이었을 때와 같은 전압을 걸어주었다. 전류의 세기는 어떻게 변하겠는가? (**답**. $\frac{(n+1)^2}{n}$배)

38. 전압이 120V인 전원에 두개의 저항을 직렬로 이었을 때는 3A의 전류가 흐르고 병렬로 이었을 때에는 16A의 전류가 흐른다. 두 저항은 각각 얼마인가?
(**답**. 10Ω, 30Ω)

39. 최대전류가 10A이고 저항이 0.1Ω인 전류계를 써서 100A의 전류를 재려면 어떤 저항을 어떻게 달아주어야 하겠는가?
(**답**. 0.011Ω짜리 저항을 전류계와 병렬로 달아주어야 한다.)

40. 내부저항이 100Ω, 측정한계가 10V인 전압계로 300V까지의 전압을 재려면 어떤 저항을 어떻게 달아주어야 하겠는가?
(**답**. 2 900Ω짜리 저항을 전압계와 직렬로 달아주어야 한다.)

41. 두개의 도체를 직렬로 련결하면 전체 저항이 50Ω이고 병렬로 련결하면 12Ω이 된다. 매개 도체의 저항을 구하여라. (**답**. 30Ω, 20Ω)

42. 그림 2-75에서 스위치를 열면 전류계는 15A를 가리키고 스위치를 닫으면 20A를 가리킨다. R_1=12Ω, R_2=18Ω일 때 R_3을 구하여라. (**답**. 25.2Ω)

그림 2-75

43. 그림 2-76에서 R_1=6Ω, R_2=12Ω이다. R_2저항에 R_3을 병렬로 련결할 때 저항 R_2에 걸리는 전압은 3V이다. 저항 R_3에 흐르는 전류의 세기와 저항 R_3의 크기를 구하여라. 회로의 량끝에 걸린 전압은 6V이다. (**답**. 0.25A, 12Ω)

그림 2-76

44. 그림 2-77에서 AD사이의 저항은 얼마인가? 매개 저항은 모두 6Ω짜리들이다.
(**답**. 2Ω)

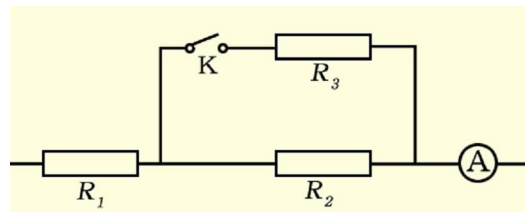
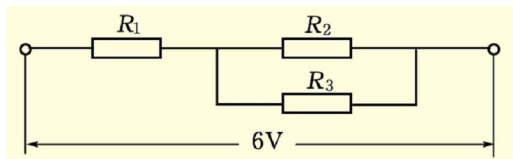
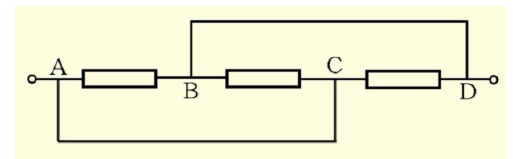



그림 2-77

제3장. 전류의 작용

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《날로 늘어나는 전력에 대한 수요를 원만히 보장하는 가장 빠른 길은 대규모발전소건설을 다그치는것과 함께 중소규모발전소건설을 전군중적운동으로 벌리는것입니다.》

전력은 공업과 농업을 비롯한 인민경제 모든 부문을 움직이는 기본동력으로 되고있다. 공장의 모든 기계들과 농촌의 양수기나 탈곡기 그리고 전기기관차나 지하전동차도 다 전류가 흐를 때 돌아가는 전동기에 의하여 움직인다.

또한 전류는 열을 내여 강철도 녹이며 용접도 하고 전등을 켜며 전열기도 달구어준다. 이와 같이 도시와 농촌, 공장과 철도, 학교와 살림집에 이르기까지 전기를 쓰지 않는 곳이란 없다.

이 장에서는 전류가 흐를 때 나타나는 여러가지 작용과 그 리용에 대하여 학습한다.

제1절. 전류의 일과 전력

물체에 힘이 작용하여 그 물체를 옮겨가면 그 힘은 일을 하였다고 한다.

그러면 전류도 일을 할수 있는가.

도체에 전류가 흐르는것은 도체속의 전기띤 알갱이들(금속에서는 자유전자, 액체속에서는 이온)이 전기힘을 받아 옮겨가는 현상이다.

이처럼 전류가 흐를 때 전기힘은 전기띤 알갱이를 나르는 일을 한다. 전류가 흐를 때 전기힘이 하는 일을 **전류의 일**이라고 부른다.

전류의 일의 크기와 단위

력학적일은 힘과 힘의 방향으로 옮겨간 거리를 곱한값으로 잰다.

그러나 전류가 흐를 때 전기힘이나 전기띤 알갱이들이 옮겨간 거리를 재는것은 어렵다.

그러면 전류가 하는 일을 어떻게 잴수 있는가.

전기회로에서 쉽게 잴수 있는것은 전압이나 전류의 세기와 같은 량이다. 전압이나 전류의 세기를 재여 전류가 하는 일을 구할수 없겠는가.

기중기에서 전동기의 힘으로 짐을 끌어올리는 일을 계산해보자.(그림 3-1)

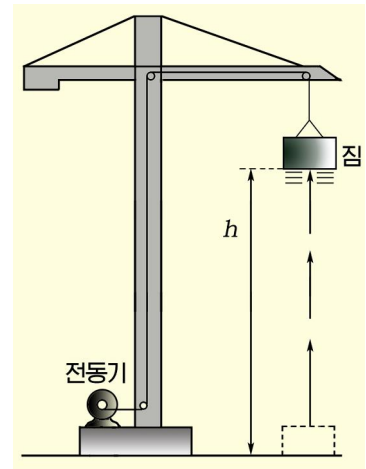



그림 3-1. 기중기가 하는 일

○ 전동기에 전원스위치를 넣어 짐이 등속으로 올라가는 구간에서 짐을 1m(또는 2m)만큼 끌어올리는 시간 t를 잰다. 이때 전압계와 전류계의 눈금을 읽고 UIt를 계산한다.

○ 짐의 무게를 재고 그것을 1m만큼 끌어올린 일을 $A_{력}=mgh$로 계산하여 두 계산결과를 비교하여본다.

○ 짐의 무게를 2배, 3배로 크게 하고 우와 같은 실험을 한다.

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

전동기로 추를 끌어올린 력학적일 $A_{력}$은 전동기에 걸린 전압, 거기에 흐른 전류의 세기 및 전동기가 일한 시간을 곱한 량 UIt와 거의 같다. 전동기에서 나오는

열량을 무시하면 두 경우의 일이 같다.

즉 전동기가 하는 력학적일이 전동기에 흐르는 전류가 하는 일이다.

한편 전류가 하는 일은 전압공식을 리용하여 구할수도 있다.

전동기에 걸린 전압을 U라고 하면 $U=\frac{A}{q}$이므로 $A=Uq$로 된다.

그런데 전류의 세기는 $I=\frac{q}{t}$와 같으므로 $q=It$를 웃식에 넣으면 $A=Uq=UIt$로 된다.

즉 전류가 한 일의 크기는 전압, 전류의 세기, 전류가 흐른 시간을 곱한 값과 같다.

전류의 일=전압×전류의 세기×시간

$$A=U\times I\times t$$

전열기에서는 전류가 하는 일이 모두 전열기에서 나오는 열량으로 넘어간다. 즉

$$Q=UIt$$

전류의 일의 단위는 1J(줄)이다. 1J은 1V의 전압에서 1A의 전류가 1s동안 흐르면서 한 일의 크기와 같다.

$$1\text{J}=1\text{V}\times1\text{A}\times1\text{s}=1\text{V}\cdot\text{A}\cdot\text{s}$$

전력과 전력량

전기기구나 기계들에는 전자손목시계나 전자수산기처럼 작은것도 있고 전기기관차처럼 큰것도 있으며 따라서 이것들이 같은 시간동안에 하는 전류의 일도 같지 않다.

그러므로 전기기구나 기계들이 같은 시간동안에 얼마나 많은 일을 할수 있는가를 전류의 일능률로 나타낸다.

전류가 단위시간동안에 하는 일 즉 전류의 일능률을 **전력**이라고 부른다.

그러면 전력은 어떻게 구하는가.

전류의 일은 $A=UIt$로 표시되며 전력은 단위시간동안에 전류가 하는 일이므로 일을 시간으로 나누어 구할수 있다.

전력을 P라고 표시하면

$$P=\frac{A}{t}=\frac{UIt}{t}=UI$$

로 표시된다.

전력은 전압과 전류의 세기를 곱한 값과 같다.

전력=전압×전류의 세기

$$P=U\times I$$

기 구 명	단상전동기
형 식	ㅊㅅ-92
정 격	220V 80W
제작번호	36720
· · ·	전 기 공 장

그림 3-2. 전기기구의 명판

전력의 단위는 1W(와트)이다. 즉 1W는 1V의 전압에서 1A의 전류가 흐를 때의 전력과 같다.

$$1W=1V\cdot A$$

큰 전력을 표시할 때에는 1kW(키로와트), 1MW(메가와트)를 쓴다.

$$1kW=1\ 000W$$
$$1MW=1\ 000kW=1\ 000\ 000W$$

모든 전기기계나 전기기구들의 명판에는 그 기구가 정상적으로 동작할 때의 전력이 표시되여있는데 이 값을 **정격전력**이라고 부른다.(그림 3-2)

몇가지 전기기구와 기계의 정격전력은 그림 3-3과 같다.

그림 3-3. 몇가지 기구들의 정격전력값

전력과 시간을 곱한 값 즉 전류가 하는 일을 **전력량**이라고 부른다.

전력량=전력×시간

$$A=P\times t$$

전력량은 전기의 생산량이나 소비량을 표시하는데 쓴다.

전력량의 단위에는 1W·s(와트-초), 1W·h(와트-시), 1kW·h(키로와트-시)가 있다.

$$1W\cdot s=1J$$
$$1W\cdot h=1W\times 3\ 600s=3\ 600J$$
$$1kW\cdot h=1\ kW\times 3\ 600s=3\ 600kJ=3.6\times 10^6J$$

1kW·h는 1kW의 전력으로 1h동안에 소비하는 전력량과 같다.

가정이나 학교, 공장들에 설치한 적산전력계에 나타난 수자는 무엇을 의미하는가.

전력을 쓰는 시간이 지남에 따라 이 계기안의 원판이 돌아가면서 수자가 계속 커진다.(그림 3-4의 ㄱ) 즉 적산전력계는 전기설비들에서 소비되는 전력량을 알려준다.

※ 카드식적산전력계는 자기가 소비할 전력량이 예약되여있는 카드를 끼워야 동작하며 이 카드에 예약된 전력량을 다 소비하면 자동적으로 전원을 차단시켜준다.(그림 3-4의 ㄴ)

ㄱ) ㄴ)

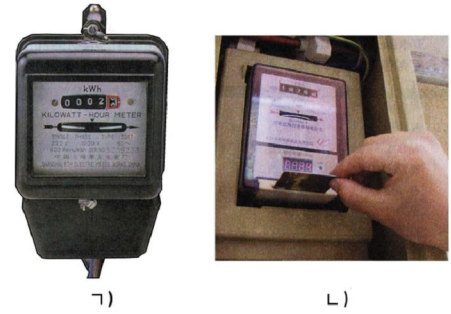



그림 3-4. 적산전력계

[례제] 그림 3-5와 같이 작은 전동기로 질량이 0.6kg인 추를 1m만큼 끌어올리는데 10s의 시간이 걸렸다. 이때 전동기에는 6V의 전압에서 0.1A의 전류가 흘렀다. 전류가 한 일과 전동기의 력학적일을 구하여 비교해보고 효률을 구하여라.

풀이. 주어진것: $m=0.6\text{kg}$

$h=1\text{m}$

$t=10\text{s}$

$U=6\text{V}$

$I=0.1\text{A}$

구하는것: A?, $A_{력}$?, η?

그림 3-5

전류가 한 일 $A=UIt=6\times0.1\times10=6(\text{J})$

전동기의 력학적일 $A_{력}=mgh=0.6\times9.8\times1=5.88(\text{J})$

왜 이 두 일의 크기가 꼭같지 않는가.

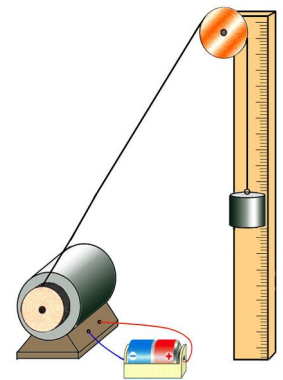
그것은 전류의 일부가 전동기를 가열하는데 소비되거나 마찰을 극복하는 일에 소비되였기때문이다. 즉 전동기가 돌아갈 때 전류가 하는 일은 모두 력학적일로 효과있게 쓰이지 못한다.

전동기에서 전류가 하는 일에 대한 전동기의 력학적일의 비인 효률을 구하면

$$\eta=\frac{A_{력}}{A}\times100\%=\frac{mgh}{IUt}\times100\%=\frac{5.88}{6}\times100\%=98(\%)$$

답. $A=6\text{J}$, $A_{력}=5.88\text{J}$, $\eta=98\%$

문 제

1. 전동기가 220V의 전압에서 10min동안 일하였다. 전동기에 흐르는 전류의 세기가 3A라면 전류가 한 일은 얼마인가?

2. 다음 표는 가정용전기기구들에서 1h동안에 전류가 하는 일을 실험으로 측정한 값들이다. 빈칸에 알맞는 말을 써넣어라.

전기기구	전압[V]	전류의 세기 [A]	전류의 일 [kJ]
형광등		0.2	144
TV	220		360
전기다리미	220	1.5	

3. 니크롬선의 자름면적은 $0.2\mathrm{mm}^2$이고 길이는 40cm이다. 니크롬선의 량쪽에 12V의 전압을 걸어주면 1min동안에 전류가 한 일은 얼마인가?
4. 어느 한 가정에서 하루에 18W짜리 전등 4개를 4h동안 켜고 300W짜리 전기다리미를 30min, 80W짜리 TV를 3h, 120W짜리 랭동기를 8h동안 쓴다. 이 가정에서 하루에 소비하는 전력량은 얼마인가?
5. 어느 학교에서 100W짜리 백열전등 100개를 그와 같은 밝기를 내는 18W짜리 콤팍트전등으로 바꾸었다. 하루에 평균 2h씩 전등을 켰다면 1년(365일간)동안 절약한 전력량은 얼마인가?

제2절. 전류의 열작용

전열과 쥴의 법칙

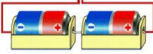
전기밥가마나 전기다리미, 납땜용전기인두 등에 전류가 흐르면 높은 온도로 가열된다. 전동기나 변압기와 같은것도 전류가 흐를 때 가열된다. 이것은 도체에 전류가 흐르면 열이 발생하며 전류가 열을 내는 작용을 한다는것을 의미한다.

이처럼 전류에 의하여 생기는 열을 **전열**이라고 부른다.

그림 3-6. 전열을 쓰는 기구

전열을 쓰는 기구 몇가지를 그림 3-6에서 보여주었다.

그러면 도체에 전류가 흐를 때 나오는 열량은 무엇에 관계되는가.

저항선에서 나오는 열량을 열량계로 측정해보자.

○ 열량계에 20℃의 물 100g정도 넣어 물의 온도가 1℃만큼 올라갈 때 420J의 열량을 받는 열량계를 준비한다.

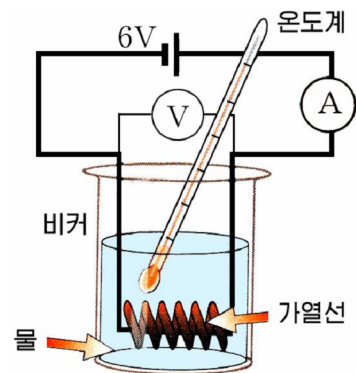
○ 열량계와 6Ω의 저항선, 6V의 전원, 전류계, 전압계로 그림 3-7과 같은 회로를 만들고 열량계의 물의 온도를 측정한다.

○ 스위치를 닫고 열량계의 물을 저으면서 3min, 6min동안에 올라간 온도를 측정한다.

그림 3-7. 저항선에서 나오는 열량측정

○ 전압계와 전류계의 눈금을 읽는다.

○ 올라간 온도에 따라서 열량계가 받는 열량(저항선에서 나온 열량)을 계산하고 표에 적는다.

○ 전압×전류의 세기×시간의 값을 계산하여 표에 적는다.

전류가 흐른 시간[s]	0	180	360
열량계의 물의 온도[℃]	20	22.6	24.3
올라간 온도[℃]		2.6	4.3
열 량[J]		1 100	1 800
UIt [V·A·s]		1 100	1 800

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

저항선에 전류가 흐를 때 나오는 열량은 저항선에 걸리는 전압, 저항선에 흐르는 전류의 세기, 전류가 흐른 시간을 곱한 값과 같다는것을 알수 있다.

열량=전압×전류의 세기×시간

$$Q = U \times I \times t$$

전열기에 전류가 흐를 때에는 열만 내고 력학적일은 하지 않으므로 전류가 하는 일은 모두 열량으로만 넘어간다. 즉

$$A = Q = UIt$$

저항선에 전류가 흐를 때 나오는 열량과 도체의 저항사이에는 어떤 관계가 있는가.

옴의 법칙에 따라 저항선에 걸리는 전압은 $U=IR$이므로 이것을 웃식에 넣으면

열량=전류의 세기의 두제곱×저항×시간

$$Q=I^2\times R\times t$$

전류가 흐를 때 도체에서 나오는 열량은 전류의 세기의 두제곱과 도체의 저항, 전류가 흐른 시간을 곱한것과 같다. 이것을 **줄의 법칙**이라고 부른다.

줄의 법칙은 전기저항을 가진 그 어떤 도체에 대해서 다 적용된다.

직렬회로에서 나오는 열량

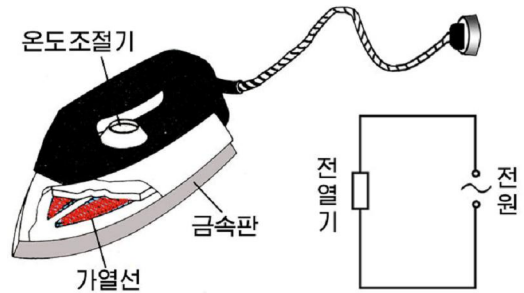
직렬로 련결된 도체들에 흐르는 전류의 세기는 다 같다. 그러므로 직렬회로에서는 저항이 큰 도체에서 더 많은 열량이 나온다.

$$Q=I^2Rt$$

실례로 전기다리미에 전류가 흐를 때 련결도선과 다리미의 저항선은 직렬로 련결되였으므로 같은 전류가 흐른다. 그러나 련결도선은 가열되지 않고 저항선만 빨갛게 가열된다.(그림 3-8)

그림 3-8. 전기다리미에서 나오는 열량

이것은 련결도선의 저항보다 가열선의 저항이 훨씬 크기때문이다.

그러므로 전열기의 저항선으로는 비저항이 크고 높은 온도에서 잘 녹지 않는 니크롬선을 쓴다.

병렬회로에서 나오는 열량

병렬로 련결된 도체에는 다 같은 전압이 걸린다.

식 $Q=UIt$에 옴의 법칙에 따라 저항선에 흐르는 전류의 세기 $I=\frac{U}{R}$를 넣으면

$$열량=\frac{전압의\ 두제곱}{저항}\times 시간$$

$$Q=\frac{U^2}{R}\times t$$

즉 같은 전압이 걸릴 때에는 저항이 작은 도체에서 더 많은 열량이 나오게 된다.

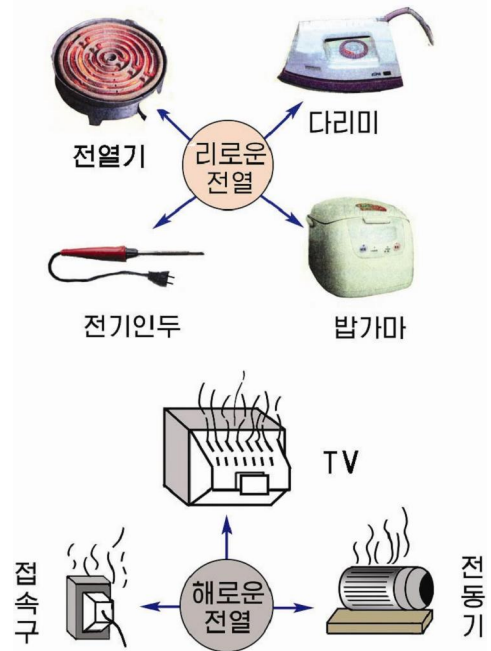
그것은 전압이 같을 때에는 저항이 작은 도체에 더 큰 전류가 흐르기때문이다.

실례로 가정의 전기회로에서 병렬로 련결된 전기밥가마와 전기인두에 다 같은 전압이 걸리지만 전기밥가마의 저항선은 전기인두의 저항선보다 훨씬 굵어 저항이 작으므로 더 많은 열량이 나오게 된다.

전열은 리로운 경우도 있고 해로운 경우도 있다.(그림 3-9)

그림 3-9. 전열의 리로운 경우와 해로운 경우

저항선에서 나오는 전열은 전기다리미, 전기인두, 전기밥가마, 한증탕가열기 등 각종 가열장치들 그리고 주택의 난방, 점용접, 전기로 등 여러 분야에 효과적으로 리용되고있다.

그러나 변압기, 전동기, TV와 같은 전기기구들이나 전기선의 접촉부에서 나오는 열량은 쓸모없이 전기를 랑비하거나 기구를 못쓰게 할수 있다. 그러므로 이런 해로운 전열은 적극 방지해야 한다.

[례제] 저항이 150Ω인 전기밥가마에 2A의 전류가 흐를 때 30min동안에 나오는 열량은 얼마인가? 그리고 이 밥가마의 전력은 얼마인가?

풀이. 주어진것: $R=150\Omega$

$I=2\text{A}$

$t=30\text{min}=1\ 800\text{s}$

구하는것: Q?, P?

$$Q=I^2Rt=2^2\times150\times1\ 800=1\ 080\ 000=1\ 080(\text{kJ})$$

$$P=\frac{Q}{t}=\frac{1\ 080\ 000}{1\ 800}=600\ (\text{W})$$

답. 1 080kJ, 600W

문제

1. 보통 전기줄은 왜 동이나 알루미니움으로 만들어쓰는가? 철을 전기줄로 쓰면 어떻게 되겠는가?
2. 《220V용40W》짜리 전등은 《220V용25W》짜리 전등보다 밝다. 어느 전등의 저항이 더 크겠는가? 그 리유를 설명하여라.

3. 저항이 30Ω인 전열기에 5A의 전류가 흐른다. 여기서 2min동안에 생기는 열량을 구하여라.

4. 저항이 4.5Ω인 도체를 12V의 전원에 이었을 때 2min동안에 나오는 열량은 얼마인가?

5. 꼭같은 전등 4개를 그림 3-10의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 련결하였을 때 전등의 밝기를 비교하여라.

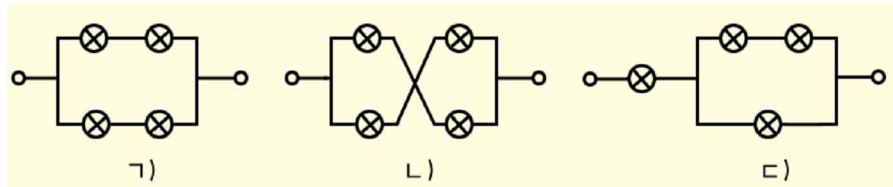



그림 3-10

6. 자름면적과 길이가 같은 철선과 니크롬선을 전원에 병렬로 이었을 때 어느 선에서 더 많은 열량이 나오는가?(그림 3-11) 직렬로 련결하는 경우에는 어떻게 되겠는가?

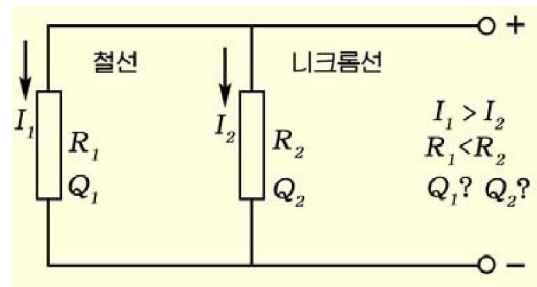



그림 3-11

자료 전등의 저항선으로는 왜 월프람선을 쓰는가

모든 물체는 높은 온도로 가열할 때 밝은 빛을 낸다. 온도가 높아지는데 따라 처음에는 붉은색빛이 나오고 다음은 누런색빛이 나오며 3 000℃정도의 높은 온도에 이르면 흰색빛을 내게 된다.

월프람의 녹음점은 3 387℃이다. 그러므로 월프람선은 3 000℃에 가까운 온도까지 가열되며 흰색빛을 내보낸다. 그러므로 전등의 가열선조로는 월프람선을 쓴다.(그림 3-12)

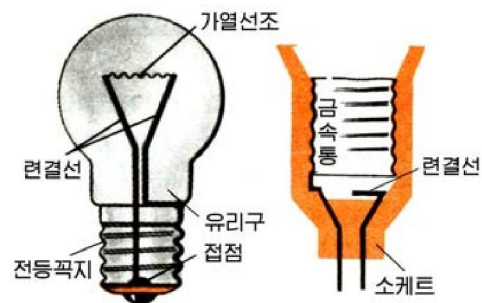



그림 3-12. 전등의 구조

제3절. 자석의 자기마당

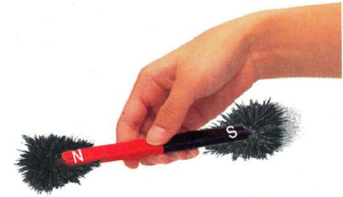
자석

자석은 철을 끌어당기는 성질을 가지고있다.

? 철가루를 끌어당기는 힘은 자석의 어느 부분에서 제일 센가.

자석을 철가루에 가져가면 자석의 량끝에 철가루가 많이 달라붙는다.(그림 3-13)

그림 3-13. 자석은 철가루를 끌어당긴다

철을 끌어당기는 힘이 센 자석의 량끝을 **자극**이라고 부른다.

막대기자석을 실에 매달아 수평으로 드리우면 자석의 극들은 언제나 지구의 북남방향을 가리킨다.(그림 3-14)

지구의 북쪽을 가리키는 자극을 **북극**(N극), 남쪽을 가리키는 자극을 **남극**(S극)이라고 부른다.

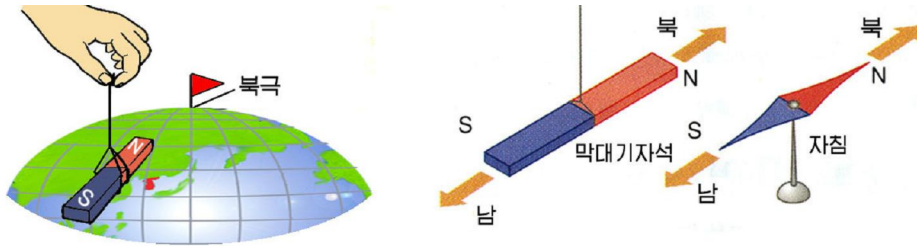
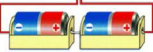



그림 3-14. 자석의 북극과 남극

자극들사이의 호상작용을 알아보자.

실험

○ 그림 3-15에서처럼 한 자석의 N극 다른 자석의 S극을 가져가본다. 서로 끌린다.

○ 한 자석의 N극에 다른 자석의 N극을 가져가본다. 서로 민다.

○ 한 자석의 S극에 다른 자석의 S극을 가져가본다. 역시 서로 민다.

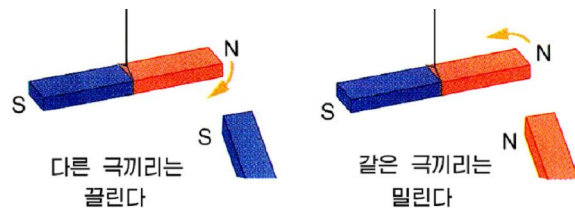



그림 3-15. 자극들의 호상작용

실험에서 본것처럼 한 자석의 N극과 다른 자석의 S극은 서로 끌어당기며 N극과 N극 또는 S극과 S극끼리는 서로 민다.

자석을 바늘처럼 길고 가늘게 만든 자침을 **지북침**이라고 부른다.

지북침이 북남방향을 가리키는것은 지구가 하나의 큰 자석으로 되여있고 지구의 북극쪽에 지구자석의 S극이 있고 지구의 남극쪽에는 지구자석의 N극이 있기때문이다.(그림 3-16)

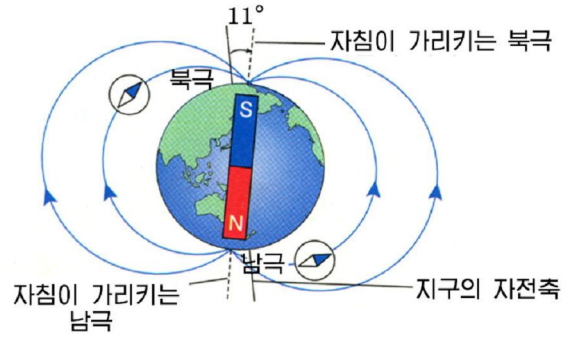



그림 3-16. 지구자석의 자극

자기마당

자석들이 호상작용하는 힘이 **자기힘**이다.

자기힘은 자석가까이에서는 세고 멀어짐에 따라 점점 약해지다가 령으로 된다. 이처럼 자기힘은 자석둘레의 얼마만한 공간에서만 작용한다. 자기힘이 작용하는 공간을 **자기마당**이라고 부른다.

자석은 그 둘레에 자기마당을 만들며 자기마당속에 가져온 다른 자석에 힘을 미친다.

그러므로 공간에 자기마당이 있는가, 없는가 하는것은 거기에 자석을 가져왔을 때 자기힘이 미치는가를 알아보면 된다.

큰 자석둘레에 작은 지북침들을 가져다놓으면 자리에 따라 서로 다른 방향을 가진다. 그러나 주어진 자리에서 지북침의 방향은 변하지 않고 일정하다.

이것은 자기마당이 방향을 가진다는것을 의미한다.(그림 3-17)

<u>자기마당안에 가져다놓은 지북침의 N극이 가리키는 방향을 그 자리에서의 자기마당의 방향으로 정한다.</u>

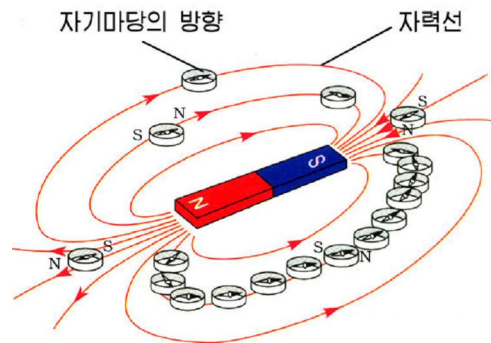



그림 3-17. 자기마당의 방향

자력선

자석우에 종이를 올려놓고 그우에 철가루를 뿌려놓으면 철가루가 선을 따라 배렬된다.(그림 3-18)

이때 자기마당속에 놓인 철가루들은 작은 자석으로 된다.

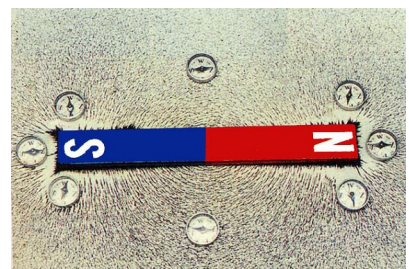



그림 3-18. 자석이 만드는 자력선 알아보기

그러므로 철가루들은 지북침처럼 자기마당의 방향으로 늘어선다. 이처럼 자기마당속에서 철가루가 그리는 선과 같이 자기마당의 방향을 가리키는 선을 **자력선**이라고 부른다.

지북침을 리용하여 자력선을 그려보면 자력선은 자석의 N극에서 나와 S극으로 들어간다는것을 알수 있다.

그러므로 자석에서 자력선이 나오는 극이 N극이고 자력선이 들어가는 극이 S극으로 된다.(그림 3-19)

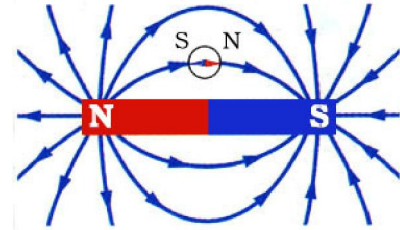



그림 3-19. 자석이 만드는 자기마당의 자력선

자석가까이에 가져온 쇠못이 어떻게 되여 자석에 끌리는가.

자석은 둘레에 자기마당을 만든다. 이 자기마당속에 가져온 쇠못은 자기마당방향의 자석으로 된다.(그림 3-20)

그림 3-20. 철불이의 자화

이처럼 물질이 자석으로 되는 현상을 **자화**라고 부른다.

자석의 자기마당속에서 자화된 쇠못은 자석에 가까운쪽에 자석의 극과 반대의 극으로 자화된다.

따라서 쇠못은 자석에 끌려와 붙는다.

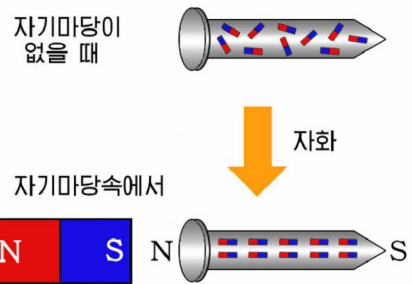
문제

1. 가는 금속막대기가 있다. 다른 자석이나 철쪼각을 쓰지 않고 그것이 자석인가, 아닌가를 어떻게 알아내겠는가?
2. 크기와 걸모양이 꼭같은 두개의 철막대기가 있다. 그중 하나는 자석이다. 이 두개의 막대기외에는 아무것도 쓰지 말고 자석과 철막대기를 골라내여라.
3. 극이 표시되여있지 않는 자석의 극들을 어떻게 알아낼수 있는가?
4. 그림 3-21과 같이 두개의 자석끝에 못이 붙어있다. 이 두개의 자석을 그림과 같이 서로 접근시켜 두 극이 서로 맞닿으면 못들은 어떻게 되겠는가?

그림 3-21

제4절. 전류의 자기마당

에르스테드의 실험

사람들은 먼 옛날부터 털에 마찰한 호박이 물체를 끌어당기는 전기힘과 자석이 철을 끌어당기는 자기힘을 알고있었다.

그런데 전기현상과 자기현상과의 관계는 오래동안 밝혀내지 못하고있었다. 그러다가 1820년 단마르크의 물리학자 에르스테드에 의하여 전류가 자기마당을 만든다는것을 밝혀냄으로써 해명되였다.

이것을 실험으로 알아보자.

○ 북남방향을 가리키고있는 지북침우에 평행으로 전기줄을 곧추 늘이고 전류를 흘려보낸다. 이때 지북침은 전기줄에 수직되는 자리까지 돌아간다.

○ 전류의 방향을 바꾸어주면 지북침은 처음과 반대로 180° 돌아간다.(그림 3-22)

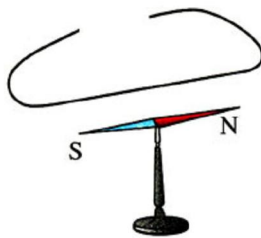
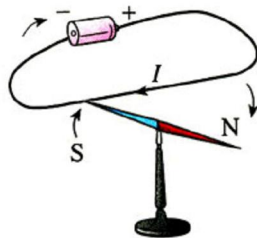
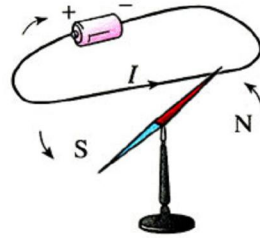
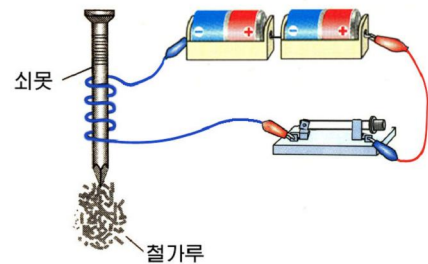



그림 3-22. 에르스테드의 실험

이것은 전류가 자기마당을 만들고 그 자기마당속에 놓인 지북침에 자기힘이 미친 결과이다. 즉 <u>전류도 자석과 같이 둘레에 자기마당을 만든다.</u>

례를 들어 그림 3-23과 같은 회로에 전류가 흐르면 쇠못이 자석으로 되여 철가루를 끌어당긴다. 즉 쇠못이 자화된다.

그림 3-23. 전류에 의한 쇠못의 자화

결국 자기힘은 자석과 자석사이에만 작용하는것이 아니라 자석과 전류사이에도, 전류와 전류사이에도 나타나는 힘이다.

전류에 의한 자기마당

전류에 의한 자기마당은 어떤 방향을 향하는가.

실 험

○ 직선전기줄이 수직으로 뚫고지나는 판우에 철가루를 뿌린 다음 전기줄에 전류를 흘려보낸다.(그림 3-24)

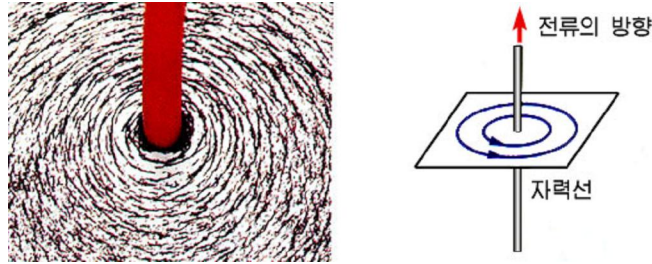



그림 3-24. 직선전류에 의한 자기마당

○ 원형전기줄의 중심을 지나면서 원에 수직인 판우에 철가루를 뿌린 다음 전기줄에 전류를 흘려보낸다.(그림 3-25)

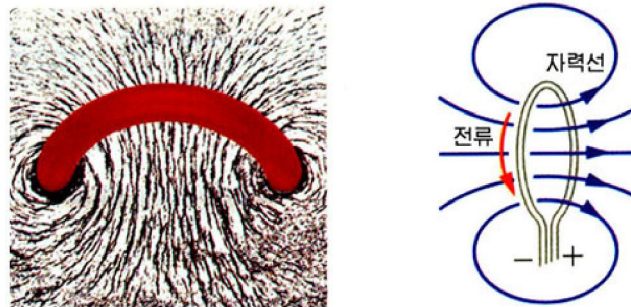



그림 3-25. 원전류에 의한 자기마당

첫째 실험은 직선전류에 의한 자력선이 전기줄에 수직인 동심원모양으로 배치된다는것을 보여주고있다. 이때 자력선의 방향은 오른나사규칙으로 결정한다.

즉 오른나사를 전류의 방향으로 전진시킬 때 나사머리가 돌아가는 방향이 자력선의 방향이다.(그림 3-26) 이것을 **오른나사의 규칙**이라고 부른다.

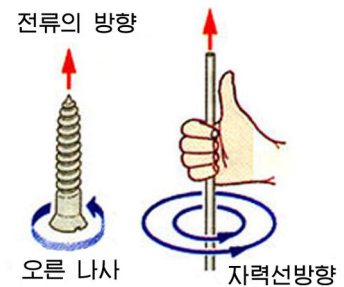



그림 3-26. 직선전류에서 오른나사의 규칙

둘째 실험은 원전류에 의한 자력선이 원의 중심축과 일치한다는것을 보여주고있다.

원전류에 의한 자력선의 방향도 오른나사의 규칙으로 결정된다.

이때는 오른나사를 원전류의 방향으로 돌릴 때 나사가 전진하는 방향이 원전류

의 중심축에서 자력선의 방향이다.(그림 3-27)

전류에 의한 자기마당의 방향은 그림 3-26, 3-27과 같이 오른손으로도 알아볼수 있다.

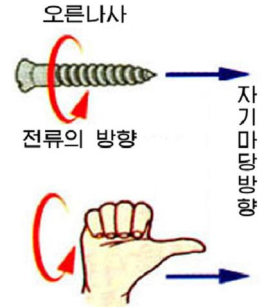



그림 3-27. 원전류에서 오른나사의 규칙

선륜의 자기마당

겉면을 절연한 동선을 여러번 감은 줄토리를 **선륜**이라고 부른다. 그림 3-28의 ㄱ와 같이 선륜의 둘레에 지북침을 놓는다. 스위치를 닫아 선륜에 전류를 흘려보낸다.

이때 지북침들은 선륜이 만드는 자기힘을 받아 자기마당의 방향으로 돌아선다.(그림 3-28의 ㄴ)

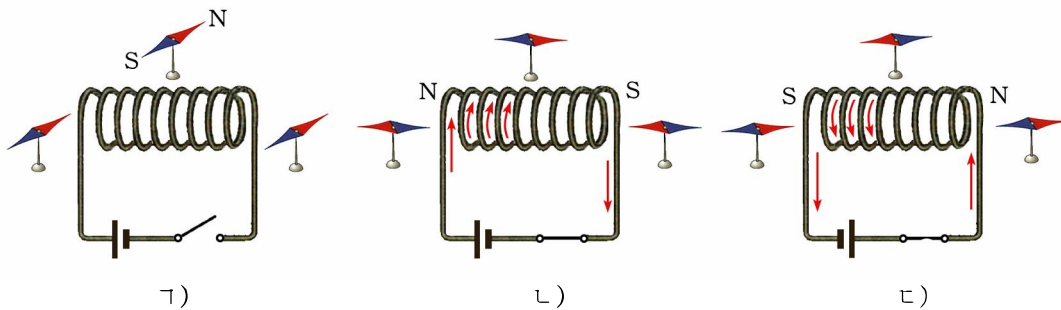



그림 3-28. 선륜에 의한 자기마당

전류의 방향을 바꾸어주면 지북침의 방향도 반대로 돌아선다.(그림 3-28의 ㄷ)

여기서 지북침의 자극이 가리키는 방향으로 자력선을 그으면 자력선이 나오는 끝이 선륜의 N극이고 자력선이 들어가는 끝이 S극이다.

선륜둘레에 철가루를 고르롭게 뿌려놓고 선륜에 전류를 흘려보내면 선륜이 만드는 자기마당속에서 철가루가 자력선을 따라 배렬되는데 그 모양은 막대기자석에 의한 자력선의 모양과 같다.(그림 3-29)

그림 3-29. 선륜과 막대기자석의 자기마당모양

따라서 전류가 흐르는 선륜은 막대기자석으로 볼수 있다. 결국 선륜밖에서는 자력선이 N극에서 S극으로 향하며 선륜안에서는 S극에서 N극쪽으로 향한다. 그리하여 자력선은 언제나 닫긴 곡선으로 된다.(그림 3-30)

선륜에 의한 자기마당의 방향은 오른나사로 결정하는데 원전류에 의한 방향결정의 방법과 같다. 또는 오른손으로도 알아낼수 있다.

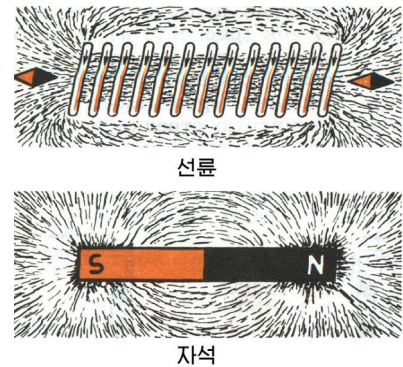
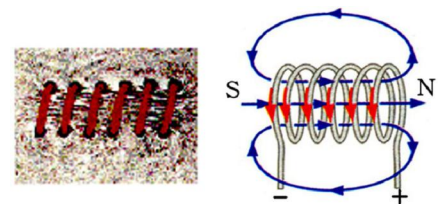



그림 3-30. 선륜에 의한 자기마당의 자력선

전자석의 리용

선륜으로 전류가 흐를 때 생기는 자기힘을 세게 하자면 어떻게 해야 하는가.

선륜속에 철심을 넣으면 선륜의 자기힘이 훨씬 세진다.(그림 3-31)

그것은 철심이 선륜이 만드는 자기마당에 의하여 같은 방향으로 자화되기때문이다.

철심을 넣은 선륜을 **전자석**이라고 부른다.

전자석이 만드는 자기마당은 막대기자석이 만드는 자기마당과 꼭같은 모양이다.

전자석은 선륜에 전류가 흐를 때에만 자기힘을 나타내고 전류를 끊으면 자기힘을 나타내지 않는다.

실험에 의하면 <u>전자석의 자기힘은 선륜의 권회수가 많을수록, 선륜에 흐르는 전류의 세기가 클수록 커진다.</u>

전류의 방향을 바꾸어주면 전자석의 자극도 바뀌여진다.

그림 3-31. 전자석

전자석은 전기종(그림 3-32), 전자석계전기(그림 3-33), 전자석기중기(그림 3-34), 전신기 등에 리용된다.

또한 전자석은 전화기, 고성기, 록음기자두, 전기측정계기에도 리용된다.

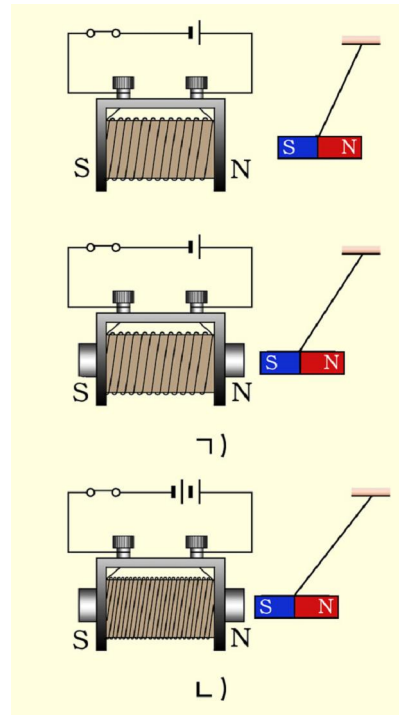
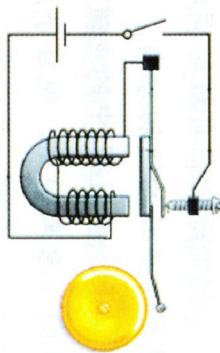



그림 3-32. 전기종

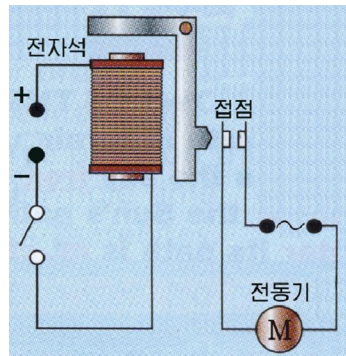



그림 3-33. 전자석계전기

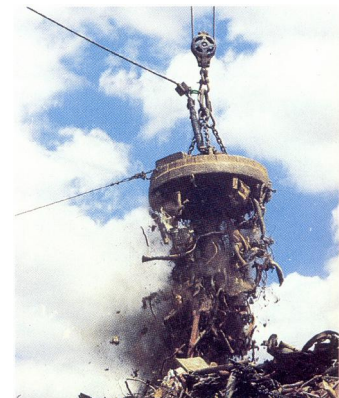



그림 3-34. 전자석기중기

[례제] 제강소들에서는 전자석기중기로 파철무지를 들어올린다. 전자석기중기의 원리를 설명하여라.

풀이. 선륜의 권회수가 많고 큰 전류가 흐르는 전자석을 기중기의 갈구리에 걸고 파철더미우에 가져간다. 전자석에 전류를 흘려보내면 전자석은 파철무지를 끌어붙인다.

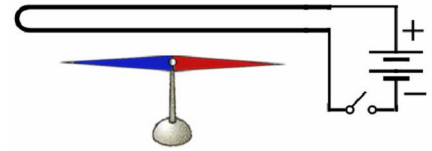
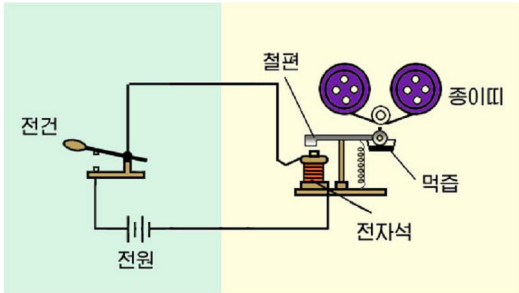
기중기로 전자석에 붙은 파철무지를 들어 로까지 옮기고 전류를 끊으면 파철무지가 저절로 떨어져 로속에 들어간다.

문 제

1. 비닐로 피복한 전기줄을 굽혀서 겹치게 하고 전류를 흘려보낸다. 지북침을 가까이 가져가면 지북침이 돌아가겠는가? 왜 그런가?(그림 3-35)

그림 3-35

2. 그림 3-36의 ㄱ는 전기신호를 멀리 보내는 전신기의 원리를 그린것이다. 전건을 눌렀다놓았다 할때 종이테프에 모르스전신부호(그림 3-36의 ㄴ)가 기록되는 원리를 설명하여라.

ㄱ)

글자	부 호	글자	부 호	글자	부 호	글자	부 호
ㄱ	·—··	ㅇ	—·—	ㅏ	·	1	·————
ㄴ	··—·	ㅈ	·——·	ㅑ	··	2	··———
ㄷ	—···	ㅊ	—·—·	ㅓ	—	3	···——
ㄹ	···—	ㅋ	—··—	ㅕ	···	4	····—
ㅁ	——	ㅌ	——··	ㅗ	·—	5	·····
ㅂ	·——	ㅍ	———	ㅛ	—·	6	—····
ㅅ	——·	ㅎ	·———	ㅜ	····	7	——···
				ㅠ	·—·	8	———··
				ㅡ	—··	9	————·
				ㅣ	··—	0	—————

ㄴ)

그림 3-36

3. 렬차가 정해진 구간에 없을 때에는 푸른 신호등이 켜지면서 이 구간으로 렬차가 마음놓고 달릴수 있다는것을 알려주며 이 구간에 렬차가 들어서면 푸른 신호등이 꺼지고 붉은 신호등이 켜지면서 다른 렬차들이 더 들어오지 말라고 알려주는 자동신호장치의 작용원리를 설명하여라.(그림 3-37)

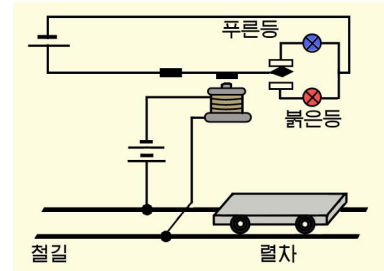
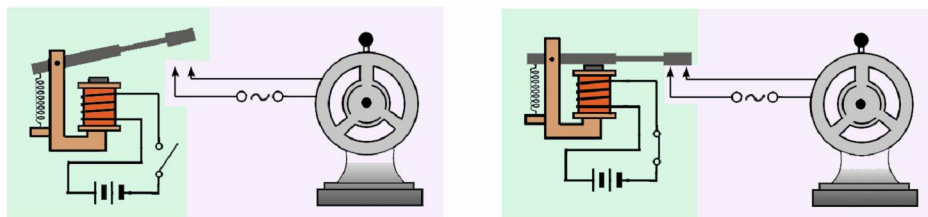



그림 3-37

4. 어떤 방안의 온도가 정해진 온도보다 높아지면 저절로 전기종이 울리고 신호등이 켜지도록 회로를 만들어보아라.

   기구와 재료:전자석계전기, 쌍금속온도계, 전기종, 전등, 이음줄, 교류전원, 건전지

생각하기 전자석계전기를 리용하면 먼곳에 있는 작업장까지 가지 않고 조종실에서 기대를 마음대로 돌리거나 멈춰세울수 있다. 어떻게 하면 되겠는가? 그림 3-38을 보면서 생각해보아라.

스위치를 넣지 않았을 때

스위치를 넣었을 때

그림 3-38

제5절. 전동기의 원리

전류가 받는 자기힘

자석은 둘레에 자기마당을 만들뿐아니라 다른 자석이 만드는 자기마당속에서 자기힘을 받는다. 마찬가지로 전류도 자기마당을 만들므로 자석이 만드는 자기마당으로부터 자기힘을 받지 않겠는가.

이것을 실험으로 알아보자.

○ 그림 3-39와 같이 말굽자석의 자극 사이에 전기줄 AB가 놓이게 하고 전류를 흘려보낼 때 전기줄 AB가 어떻게 운동하는가를 본다. 전기줄이 밀려난다.

○ 전류의 방향을 바꾸어 같은 실험을 반복한다. 전기줄이 끌려들어간다.

○ 말굽자석을 뒤집어 전류에 작용하는 자기마당의 방향을 바꾸어놓고 같은 실험을 해본다. 우와 반대로 된다.

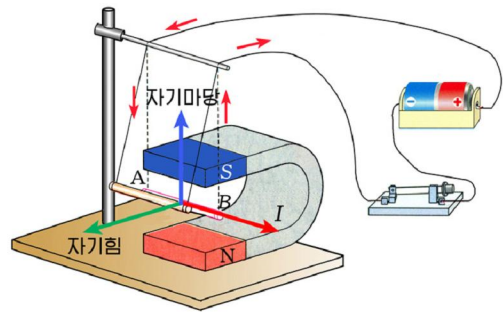



그림 3-39. 전류가 받는 자기힘

실험을 통하여 자기마당속에서 전류는 힘을 받으며 전류가 받는 자기힘의 방향은 자기마당과 전류의 방향에 관계된다는것을 알수 있다.

이때 전류가 받는 자기힘의 방향은 왼손의 규칙으로 결정한다.

<u>왼손바닥으로 자력선이 들어가게 하고 네손가락으로 전류의 방향을 가리킬 때 네손가락에 수직되게 편 엄지손가락이 자기힘의 방향을 가리킨다.</u>(그림 3-40) 이것을 **왼손의 규칙**이라고 부른다.

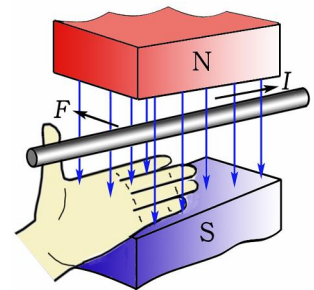



그림 3-40. 왼손의 규칙

직류전동기

자기마당속에서 전류가 받는 자기힘은 전동기를 돌리는 힘으로 리용되고있다.

전동기에는 그림 3-41과 같이 자기마당을 만드는 자석이 있다.

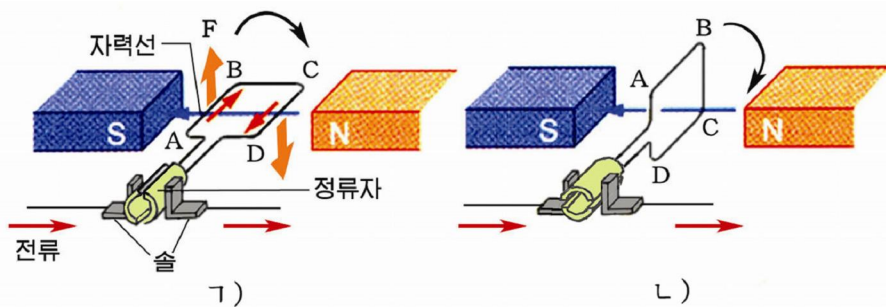



그림 3-41. 직류전동기의 작용원리

그리고 그것이 만드는 자기마당속에서 돌아갈수 있게 된 선륜 ABCD가 있다.

선륜에 전류가 흐르면 선륜을 이루는 도선의 각 부분들에는 자기힘이 작용한다.

선륜의 AB부분과 CD부분이 받는 힘은 어떻게 되겠는가.

선륜면이 자력선에 평행되게 놓일 때 왼손의 규칙에 의하여 AB부분은 우로, CD부분은 아래로 자기힘을 받게 되며 결국 선륜은 돌아가게 된다. (그림 3-41의 ㄱ)

선륜면이 자력선에 수직되는 자리에 왔을 때에는 선륜에 전류가 흐르지 않으므로 선륜은 더 돌아가지 못한다. (그림 3-41의 ㄴ)

그러나 선륜은 관성에 의하여 약간 더 돌아가게 되는데 전류의 방향이 변하지 않으므로 자기힘은 선륜을 반대쪽으로 돌리게 된다.

그러므로 두개의 금속반고리로 된 정류자와 이 정류자에 접촉되면서 전지에 련결된 솔을 써서 선륜에 흐르는 전류의 방향을 바꾸어주면 선륜은 계속 한쪽 방향으로 돌아간다.

이렇게 직류전원을 쓰는 전동기를 **직류전동기**라고 부른다.

전동기의 축을 돌리는 자기힘은 선륜면이 자력선에 평행일 때 가장 크다. 그러므로 전동기의 축에 서로 수직인 두개의 선륜을 설치하면 전동기의 축은 더 자주 큰 힘을 받으며 고르롭게 돌아간다.

실제적인 직류전동기에는 센 전자석으로 자기마당을 만드는데 이 전자석은 전동기틀에 고정되여있다. 그러므로 이것을 **고정자**라고 부른다. (그림 3-42의 ㄱ)

전동기에서 돌아가는 부분은 회전축에 고정한 철심에 도선을 여러번 감은 선륜인데 이것을 **회전자**라고 부른다. (그림 3-42의 ㄴ)

직류전동기는 처음 돌아갈 때 큰 힘을 낼수 있고 전자석과 회전자권선에 흐르는 전류의 세기를 조절하여 돌리는 힘과 속도를 넓은 범위에서 쉽게 변화시킬수 있다.

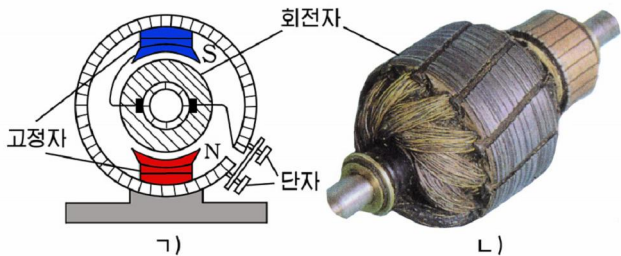



그림 3-42. 직류전동기의 구조

이런 특성으로 하여 직류전동기는 전기기관차나 전동차, 무궤도전차, 잠수함 등에 리용된다.

그리고 록화기나 록음기, 여러가지 놀이감에도 소형직류전동기가 리용된다.

문 제

1. 그림 3-43에서 자력선의 방향, 도선 AB에 흐르는 전류의 방향, 도선 AB에 작용하는 자기힘의 방향을 표시하여라.
2. 그림 3-44에서 전류가 흐르는 도선에 작용하는 자기힘의 방향을 알아내여라.
3. 그림 3-45에서 자기마당속에 놓인 도선이 받는 자기힘의 방향을 화살로 표시하였다. 도선에 흐르는 전류의 방향을 구하여라.

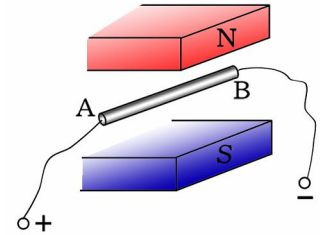



그림 3-43

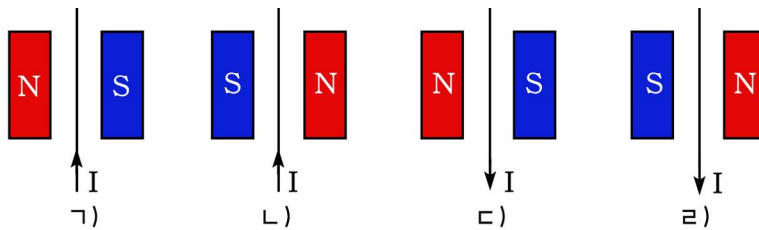



그림 3-44

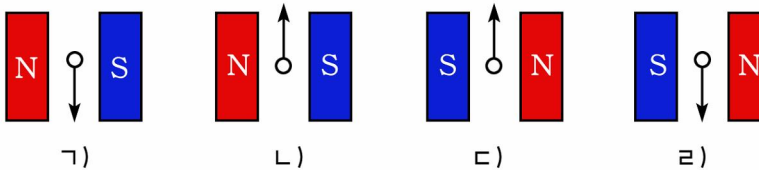



그림 3-45

4. 직류전동기에서 정류자와 솔은 어떤 순간에 떨어져야 하는가를 그림 3-41를 보고 설명하여라.
5. 수평면에 대하여 수직으로 서있는 전기줄에 우로 향하는 전류가 흐른다. 이 전기줄이 지구자기마당으로부터 받는 자기힘은 어느쪽으로 향하는가?
6. 그림 3-46에 검류계의 구조를 보이였다. 이 기구의 구조와 작용원리를 설명하여라. 그림에 표시한 방향으로 전류가 흐를 때 바늘이 어느쪽으로 기울어지겠는가?

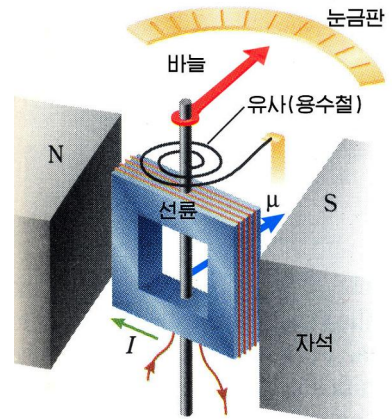



그림 3-46

제6절. 발전기의 원리

위대한 장군님의 현명한 령도에 의하여 강하천이 많은 우리 나라에서는 대규모수력발전소는 물론 도처에 중소규모수력발전소를 건설하여 어디서나 전기를 생산하고있다.

발전소에서는 발전기를 돌려 전기를 생산한다. 발전기에서는 어떤 원리로 전류를 얻어내는가.

전자기유도

전류가 자기마당을 만든다는것이 발견되자 많은 학자들은 반대로 자기마당으로부터 전류를 얻을수 있지 않겠는가고 생각하게 되였다.

영국의 물리학자 파라데이는 거듭되는 실험끝에 1831년 자석으로 전류를 얻는데 성공하였다.

어떻게 자석으로 전류를 얻을수 있는가.

○ 그림 3−47의 ㄱ와 같이 검류계와 선륜으로 닫긴회로를 만든다.

○ 막대기자석의 N극을 선륜속으로 천천히 또는 빨리 넣을 때 검류계의 바늘이 어떻게 기울어지는가를 살펴본다.(그림 3-47의 ㄴ) 자석을 선륜속에 넣을 때 바늘은 한쪽으로 기울어진다. 자석을 뽑을 때에는 검류계의 바늘이 반대쪽으로 기울어진다.

○ 막대기자석을 고정시키고 선륜을 움직여본다. 이때에도 바늘은 기울어진다.(그림 3−47의 ㄷ)

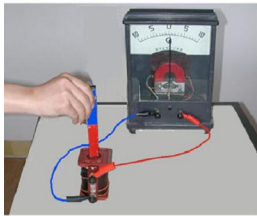
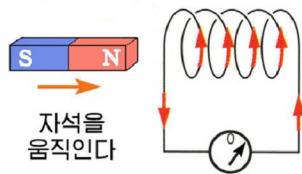
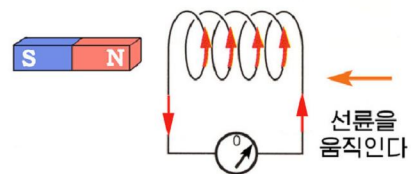



그림 3−47. 전자기유도실험장치

※ 검류계는 매우 약한 전류를 재는 전류계인데 눈금판의 중심에 령눈금이 새겨져있는 기구이다.

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

자석을 빨리 움직일수록 검류계의 바늘은 더 많이 기울어진다. 자석의 극을 바꾸어 S극으로 같은 실험을 해보면 검류계의 바늘이 N극일 때와 반대로 기울어진다.

자석을 선륜속에 넣고 움직이지 않으면 검류계의 바늘이 움직이지 않는다.

이것은 선륜속에 자기마당이 있어도 자기마당이 변하지 않으면 전류가 생기지 않는다는것을 의미한다.

이와 같이 닫긴 선륜이 변하는 자기마당속에 있을 때 선륜에 전류가 흐르는 현상을 **전자기유도**라고 부르며 이때 선륜에 흐르는 전류를 **유도전류**라고 부른다.

⚠ 전자기유도에 의해 선륜에 흐르는 유도전류는 자기마당이 빨리 변할수록, 선륜의 권회수가 많을수록 커진다.

교류발전기

전자기유도를 리용하여 전기를 생산하는 기계가 바로 **발전기**이다.

실례로 자전거의 발전기는 선륜속에서 자석을 회전시켜 유도전류를 얻으며 전등에 불이 오게 한다.(그림 3-48의 ㄱ)

발전기도 전동기처럼 고정자와 회전자로 되여있는데 자석 또는 선륜중에 어느 하나를 회전시켜 선륜을 지나는 자기마당을 변화시키며 이때 생기는 유도전류를 얻어낸다.(그림 3-48의 ㄴ)

회전자자석이 돌아갈 때 선륜속의 자기마당은 자극이 선륜에 가까와질 때는 세지고 멀어질 때에는 약해진다.

자전거발전기의 두 단자에 검류계를 련결하고 발전기를 천천히 돌리면 검류계의 바늘이 량쪽으로 엇바뀌여 기울어진다.

이것은 발전기가 돌아갈 때 회로에는 방향이 변하는 유도전류가 흐른다는것을 말해준다.

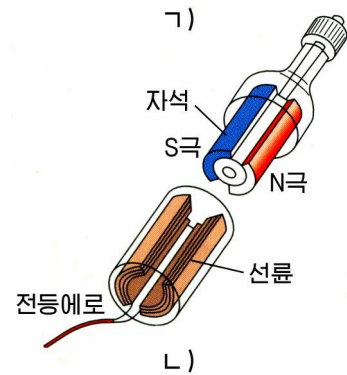
ㄱ)

ㄴ)

그림 3-48
자전거발전기의 원리

즉 발전기선륜에 생기는 유도전류의 방향은 자극이 선륜에 가까와질 때와 멀어질 때 서로 반대로 된다.

자전거발전기에 검류계대신 작은 전등을 련결하고 발전기를 천천히 돌리면 전등의 밝기가 변하면서 껌벅이는것을 알수 있다.

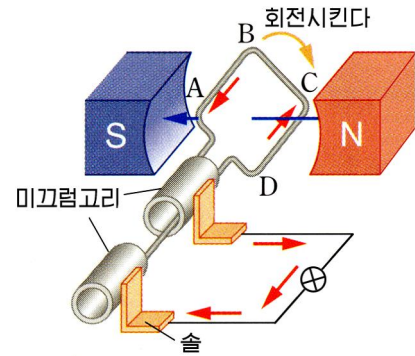
이것은 발전기가 일으키는 유도전류는 방향뿐아니라 전류의 세기도 변한다는것을 말해준다.

흔히 발전기에서는 고정자로 전자석(또는 영구자석)을, 회전자로 선륜을 쓴다.(그림 3-49)

이런 발전기를 **교류발전기**라고 부르며 교류발전기에서 나오는 전류처럼 전류의 방향과 전류의 세기가 주기적으로 변하는 전류가 바로 교류이다.

교류발전기에서 선륜이 한바퀴 돌아갈 때 전압이나 전류가 한번 변하는데 이때 걸리는 시간을 **교류의 주기**라고 부른다.

그림 3-49. 교류발전기모형

그리고 1s동안에 변화되는 회수 즉 1s동안의 선륜의 회전수를 **교류의 주파수**라고 부른다.

우리가 쓰는 교류는 주파수가 60Hz(헤르쯔)인데 이것은 1s동안에 발전기에서 선륜이 60번 돌아간다는것을 의미한다.

문 제

1. 검류계를 이은 선륜안에 직류가 흐르는 전자석을 넣었다. 전자석의 철심을 넣거나 뽑을 때 검류계의 바늘이 움직이겠는가?
2. 검류계를 이은 선륜안에 작은 전자석선륜을 넣고 다음과 같이 했을 때 유도전류가 흐르겠는가?
   ㄱ) 전자석선륜에 전원을 잇고 스위치를 닫을 때
   ㄴ) 전자석선륜에 전원을 잇고 스위치를 열 때
   ㄷ) 전자석선륜에 일정한 전류가 계속 흐를 때
3. 교류를 쓰는 전기종에는 접촉나사가 없어도 된다. 왜 그런가?

제7절. 가정의 전기회로

학교와 가정들에서는 전기불도 켜고 TV도 보고있으며 콤퓨터를 다루고 전기다리미, 랭동기, 선풍기, 록음기, 세탁기 등 전기일용품들도 쓰고있다. 이러한 전기제품들을 리용하는데서 반드시 알아야 할 지식은 무엇인가.

상선과 령선

발전소의 발전기에서 얻어진 교류전기는 변압기를 거쳐 수십만V의 높은 전압으로 바뀌여 송전선을 따라 소비지까지 공급된다.

발전소에서 얻어진 100~220kV의 높은 고압전기는 1차변전소에서 60kV, 2차변전소에서 10~20kV, 3차변전소에서 3kV의 전압으로 낮아져 공장과 농촌, 살림집

들과 학교들에 380V와 220V의 교류전압으로 공급되여 들어간다.

가정전기회로의 두줄가운데서 전압이 걸리지 않은 줄은 **령선**이라고 부르고 전압이 걸린 줄은 **상선**이라고 부른다.

령선은 땅과 련결되여있으므로 령선과 땅사이의 전압은 0V이고 상선과 땅사이에는 220V의 전압이 걸리여 령선과 상선사이에는 220V의 교류전압이 걸린다.

그러면 상선과 령선은 어떻게 알아보는가.

상선과 령선은 검전기를 리용하여 알아본다.(그림 3-50)

검전기의 손잡이끝의 금속마개를 손으로 대고 검전기의 뾰족한 부분(금속탐침)을 전기줄에 대본다.

만일 검전기의 네온등에 불이 켜지면 접촉시킨 전기줄은 상선이고 검전기의 네온등에 불이 오지 않으면 그 줄은 령선이다.

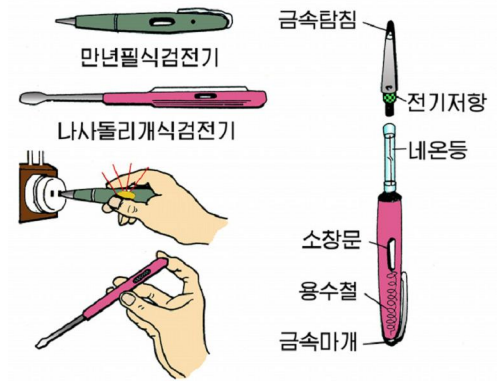



그림 3-50. 검전기

검전기를 사용할 때에는 반드시 검전기손잡이끝의 금속마개를 손에 닿게 해야 한다. 그래야 상선과 사람의 몸이 도체로 련결되여 전류가 흐르면서 불이 켜진다.

가정의 전기회로의 구성

 가정에서 쓰는 모든 전기기구들은 어떻게 련결하여 쓰는가.

가정에서 쓰는 조명용전등, TV, 콤퓨터, 랭동기, 다리미, 선풍기 등 전기제품들은 모두 전원에 병렬로 련결하여 쓴다.(그림 3-51)

그림 3-51. 가정에서 전기기구들의 련결

가정에서 매 방마다 설치하는 전등도 병렬로 련결하여야 하며 매 전등은 개별스위치와 직렬로 련결하여 제때에 전등불을 끄고 켤수 있게 해야 한다.(그림 3-52)

그림 3-52. 매 전등은 개별 스위치를 달아야 한다

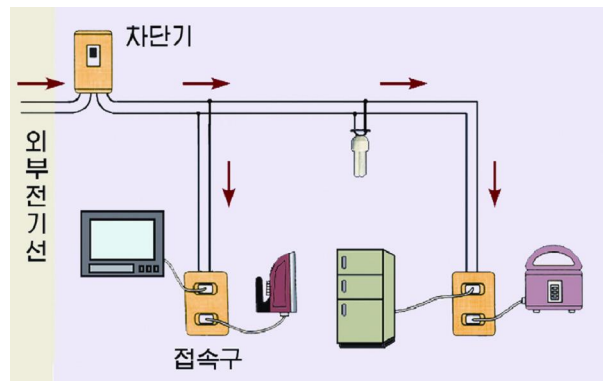
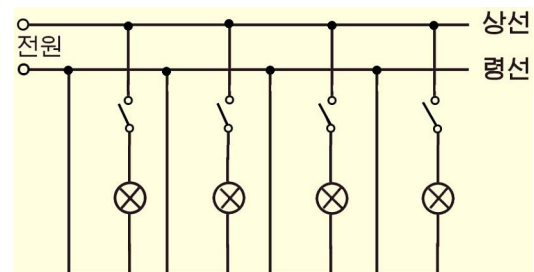
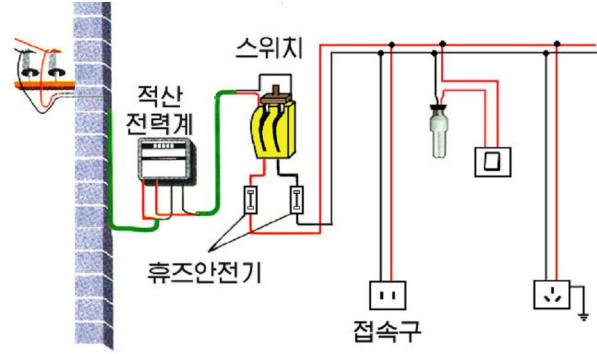
조명용전등으로는 콤팍트전등을 쓴다. 이외에 형광등, 백열전등도 쓴다.

⚠ 가정의 전기회로에 공급하는 외부전원은 적산전력계와 휴즈안전기를 거쳐서만 련결해야 한다.(그림 3-53)

그림 3-53. 가정의 전기회로와 구성요소

❓ 왜 가정의 전기회로입구에 적산전력계와 휴즈안전기를 련결해야 하는가.

적산전력계를 련결하여야 가정에서 쓰는 전체 전기기구가 일정한 시간동안에 몇kW·h의 전력량을 소비했는가를 알수 있으며 스위치와 휴즈안전기가 있어야 회로를 검사하거나 수리, 교체할 때 감전되지 않고 안전하게 할수 있다.

가정전기회로에는 고정접속구와 함께 다리미, 록음기와 같이 자주 움직이는 기구에 전원을 공급할수 있게 이동접속구가 있어야 한다.

콤팍트전등

콤팍트전등은 크기가 백열전등만큼 작은 형광등이다.(그림 3-54)

그림 3-54. 콤팍트전등

콤팍트전등은 관의 안쪽 면에 빛을 내는 형광물질을 발라서 해빛과 비슷한 흰색빛을 내보낸다.

콤팍트전등의 꼭지부분에는 한류기와 촉발기의 역할을 하는 전자회로가 밀집되여 들어있다. 이 전자회로는 60Hz의 교류전기를 3만~5만Hz의 높은 주파수의 전기로 변환한다.

콤팍트전등을 소케트에 꽂으면 백열전등과 같이 회로가 련결되면서 불이 켜진다.

콤팍트전등은 발광효률이 형광등보다 40%정도 더 높을뿐아니라 많은 전기를 절약한다. 실례로 11W짜리 콤팍트전등의 전기소비량은 같은 밝기의 60W짜리 백열전등의 전력소비량의 17%밖에 안되며 같은 밝기의 형광등의 전력소비량의 65%정도이다.

콤팍트전등은 빛의 색갈이 좋고 형광등에 비하여 가볍고 쓰기 편리하며 수명도 5 000h으로서 조명등가운데서 제일 길다.

가정용전기기구들의 접지

콤퓨터나 랭동기와 같은 전기기구들의 접속구를 보면 세구멍접속구나 세발접속두로 된것을 볼수 있다.(그림 3-55)

세구멍접속구나 세발접속두는 왜 쓰는가.

랭동기나 세탁기 등 전기기구들은 본체가 금속도체로 되여있다.

그림 3-55. 세구멍접속구와 세발접속두

전기기구의 금속본체는 원래 상선과 절연되여있으므로 전기를 띠지 않는다. 그러나 만일 기구내부에서 상선의 절연피복이 손상되는것을 비롯하여 금속본체의 절연이 파괴되면 금속본체가 상선과 접촉되여 전기를 띠게 되며 사용할 때 사람의 손이 닿으면 감전될수 있다.(그림 3-56의 ㄱ)

세구멍접속구의 2개 구멍은 령선과 상선에 련결되고 나머지 1개 구멍은 땅과 련결된다. 그리고 대응한 접속두의 세발가운데서 2개의 발은 전기장치(전동기)에 련결되고 1개의 발은 전기기구의 본체와 련결된다. 그러므로 본체가 전기를 띤다고 하여도 접지도선을 통하여 전류가 땅으로 흘러가므로 사람은 감전되지 않으며 위험하지 않다.(그림 3-56의 ㄴ)

전기기구의 안전한 사용을 위하여 본체를 땅과 련결시키는것을 **접지**라고 부른다.

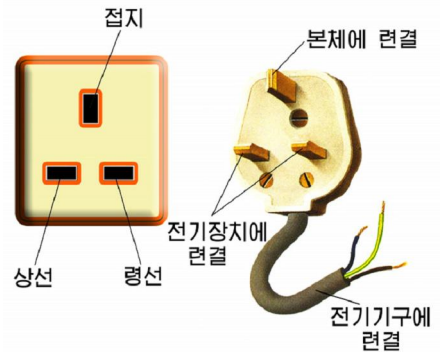
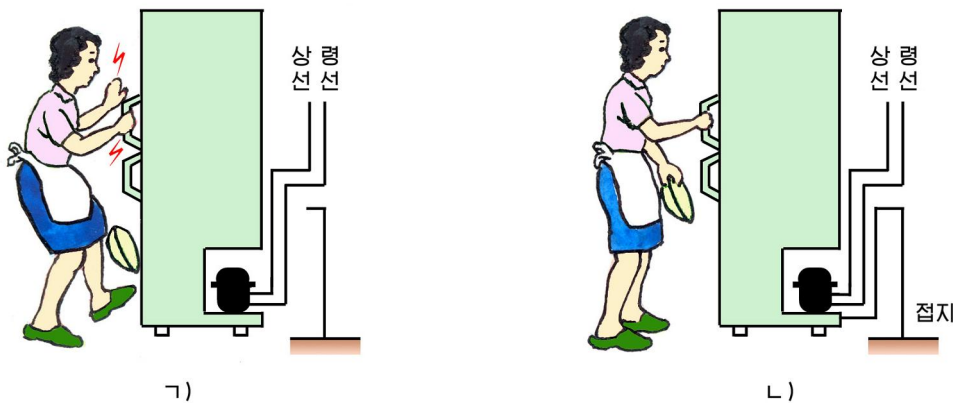
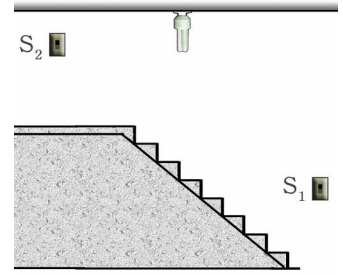
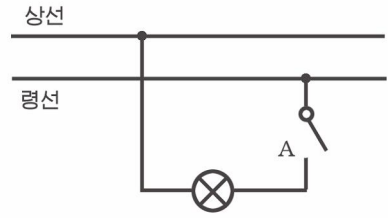



그림 3-56. 전기기구의 본체 접지

생각하기 발전소에서 생산한 전력은 왜 고압으로 바꾸어서만 보내는가?

고압송전의 목적은 발전소에서 생산된 전력을 도중손실없이 소비지까지 보내자는데 있다. 송전선에서 발생하는 열량이 전류의 세기의 두제곱에 비례한다는것을 참작하여라.

그림 3-57

그림 3-58

1. 그림 3-57과 같이 복도계단의 아래우에 조명등의 스위치가 각각 있다. 계단을 올라갈 때 스위치 S_1로 전등을 켜고 다 올라간 후에는 스위치 S_2로 전등을 끄며 반대로 계단을 내려올 때에는 스위치 S_2로 전등을 켜고 다 내려온 후에는 스위치 S_1로 전등을 끄려면 전등과 스위치 S_1, S_2을 어떻게 련결해야 하겠는가?
2. 접속구와 접속두가 꼭 맞지 않고 틈이 있으면 전기가 랑비되고 사고까지 낼수 있다. 왜 그런가를 설명하여라.
3. 그림 3-58과 같이 스위치를 열어놓은 상태에서 땅우에 서있는 사람이 A점을 다치면 감전된다. 왜 그런가?
4. 220V용40W짜리 전등과 220V용60W짜리 전등을 220V의 전원에 병렬로 련결하면 어느 전등이 더 밝은가? 왜 그런가? 만일 이 두 전등을 직렬로 련결하면 어떻게 되겠는가?

제8절. 휴즈안전기와 전기의 안전한 사용

전기를 안전하게 사용하려면 여러가지 전기기구들에 쓰이는 전압, 전류의 세기, 전력값들을 잘 알아야 한다.

모든 전기기구들의 명판에는 정격전력과 함께 정격전압과 정격전류들이 표시되여있다. 이 값들은 그 기구가 정상적으로 동작할 때 기구의 소비전력, 필요한 사용전압, 전류의 세기값들을 표시한것이다.

전기기구들에 정격값보다 더 큰 전압이 걸리거나 전류가 흐르면 기구가 파괴된다.

가정전기회로의 전기선들은 모두 최대허용전류값을 가지고있다.

배선용 동선규격

동선직경 [mm]	자름면적 [mm^2]	허용전류 [A]	동선직경 [mm]	자름면적 [mm^2]	허용전류 [A]
0.5	0.196	0.39	1.3	1.33	2.65
0.6	0.283	0.57	1.4	1.54	3.08
0.7	0.385	0.77	1.5	1.77	3.53
0.8	0.502	1.00	1.6	2.01	4.02
0.9	0.636	1.27	1.7	2.27	4.54
1.0	0.785	1.57	1.8	2.54	5.00
1.1	0.95	1.90	1.9	2.83	5.67
1.2	1.13	2.26	2.0	3.14	6.28

만일 전류의 세기가 이 값을 초과하면 전기선이 가열되여 절연이 녹아 파괴되고 지어는 화재사고까지 일으킬수 있다.

이런 사고를 막기 위하여 휴즈안전기를 설치한다.

휴즈안전기

휴즈안전기를 쓰면 어떻게 전기사고를 막을수 있는가.

휴즈안전기에는 휴즈선이 뚜껑에 설치된 사기로 만든 꽂개식휴즈함과 아래부분에 휴즈선이 련결된 칼날식스위치가 있다.(그림 3-59의 ㄱ)

휴즈선으로는 비저항이 비교적 크고 낮은 온도에서도 쉽게 녹는 연의 합금을 쓴다. 그러므로 만일 전기회로에 세기가 지내 큰 과전류가 흐른다면 휴즈선에서 많은 열량이 발생하여 다른 전기선보다 먼저 녹아 끊어진다.(그림 3-59의 ㄴ) 그리하여 전기회로는 자동적으로 차단되여 회로에 과전류가 흐르지 못하며 사고를 방지하게 된다.

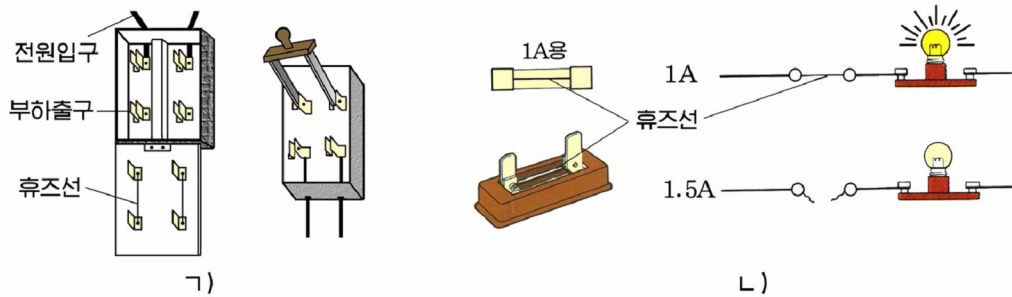



그림 3-59. 휴즈안전기

휴즈선으로는 동선이나 알루미니움선을 쓰지 말아야 하며 연의 합금선을 쓴다고 해도 지나치게 굵은것을 쓰지 말아야 한다. 휴즈선은 가정전기회로의 부하에 알맞는 규격의 선을 선택하여 써야 한다.

전류의 세기에 따르는 휴즈선의 직경

휴즈선직경 [mm]	정격전류 [A]	허용전류 [A]	휴즈선직경 [mm]	정격전류 [A]	허용전류 [A]
0.28	1	2	0.54	2.25	4.5
0.32	1.1	2.2	0.6	2.5	5
0.35	1.25	2.5	0.71	3	6
0.36	1.35	2.7	0.81	3.75	7.5
0.40	1.5	3	0.98	5	10
0.46	1.85	3.7	1.02	6	12
0.52	2	4			

과전류가 생기는 원인

전기회로에서 휴즈선을 녹게 하는 과전류는 왜 생기는가.

그림 3-60의 ㄱ와 같은 회로에서 C, D사이에 휴즈선을 잇고 전원을 넣으면 B, D사이에 련결한 전등에 불이 켜진다.

다음 전원을 떼고 그림 3-60의 ㄴ와 같이 B, D사이에 전등과 병렬로 도선을 이은 다음 전원을 넣으면 휴즈선이 녹아 회로는 끊어지며 전등은 꺼진다.

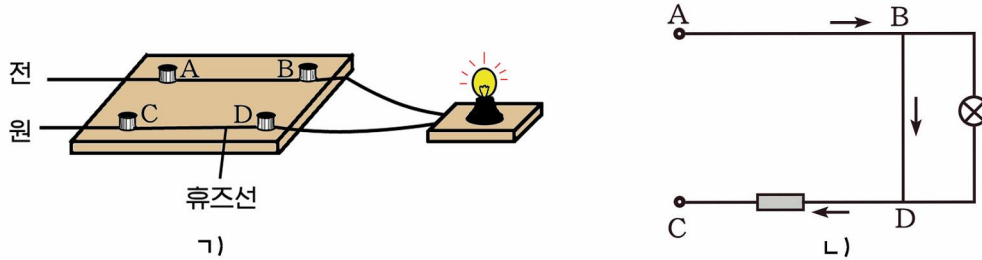



그림 3-60. 단락은 과전류의 원인

왜 휴즈선이 녹아 끊어지는가.

전체 저항이 전등만 있을 때보다 작아졌으므로 회로에는 대단히 큰 전류가 흐르게 되고 이로 하여 휴즈선이 먼저 녹아 끊어진다. 이와 같이 전류가 부하를 통과하지 않고 직접 련결도선을 통과하는 현상을 회로가 **단락**되였다 또는 **합선**되였다고 말한다.

그러므로 회로가 단락되면 과전류가 생긴다. 과전류가 생기는 다른 원인은 전기회로에 전기기구들이 지나치게 많이 련결되여 전체 저항이 작아지는데 있다.

전기기구들을 많이 련결하면 왜 전체 저항이 작아지는가.

그림 3-61과 같은 회로에 전등 한개를 련결하고 전류계눈금을 관찰하고 이어 전등을 두개, 세개를 병렬로 련결하고 전류계눈금을 관찰한다. 전등을 많이 병렬로 련결할수록 전류계의 눈금은 커진다.

이것은 병렬회로에서 도체를 많이 련결할수록 전체 저항이 작아지기때문이다. 그러므로 많은 전기기구들을 한꺼번에 리용할 때 과전류가 흐르므로 휴즈선이 녹아 끊어진다.

이로부터 살림집의 매 가정들에는 휴즈안전기가 있어야 하며 출력이 큰 전기기구들을 한꺼번에 쓰지 말아야 한다.

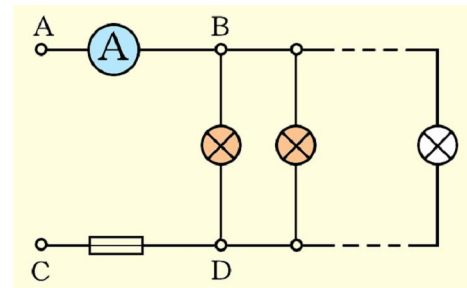



그림 3-61. 총전력이 커지면 과전류가 흐른다.

전기사용에서 주의할 점

감전사고는 가정전기회로의 두 전기선중에서 사람의 몸이 직접 혹은 간접적으로 상선과 련결될 때 생긴다.

그림 3-62와 같이 땅우에 선 사람이 상선을 다치거나 또는 절연체우에서도 두 전기선을 동시에 다치면 220V의 전압이 작용한다. 사람몸의 저항이 1kΩ정도라고 해도 이때 사람몸으로 흐르는 전류의 세기는 220mA에 달하며 감전사고를 일으키게 된다.

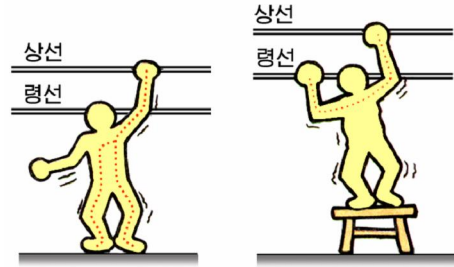



그림 3-62. 상선을 다치지 말아야 한다

전기를 사용할 때 절연피복이 없는 상선이나 그와 잇닿아있는 도체를 절대로 다치지 말아야 한다. 중요한것은 본래 절연된 물체가 손상되여 절연이 파괴되지 않도록 해야 하며 소케트나 접속구의 절연체가 깨지지 않게 해야 한다. 전기선의 절연피복이 마모되면 비닐이나 고무로 감싸놓아야 한다. 또한 절연부분을 잘 건조시켜야 한다.

그리고 젖은 손으로 스위치를 누르거나 전기설비들을 다치지 말아야 한다.(그림 3-63)

번개치는 날에는 모든 전기기구의 스위치를 끄는것이 좋으며 야외안테나를 가진 TV에서는 안테나접속구를 뽑아야 한다.(그림 3-64)

또한 번개치는 날 홀로 서있는 나무밑에 머물러있지 말아야 한다.

만일 감전된 사람을 구원하려고 한다면 먼저 스위치를 끄거나 잘 건조된 나무막대기로 전기선을 해체하여야 한다.

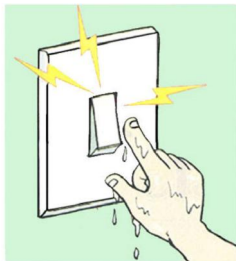



그림 3-63. 절연체가 젖으면 감전될수 있다

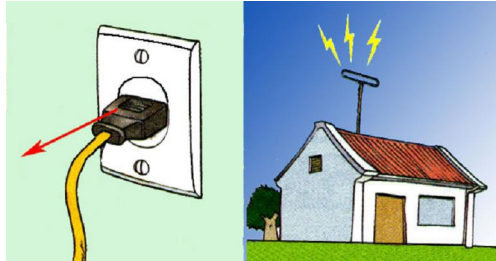



그림 3-64. 번개칠 때 스위치를 꺼야 한다

그림 3-65. 전기기구를 수리할 때

전기기구를 수리할 때에도 스위치를 끄고 수리하여야 한다.(그림 3-65)

[례제] 가정의 전기회로에서 전력이 P_1=100W, $P_2 = P_3$=60W인 세개의 전등을 동시에 켤 때 휴즈선을 통과하는 전류의 세기를 구하여라. 전원전압은 220V이

다.(그림 3-66)

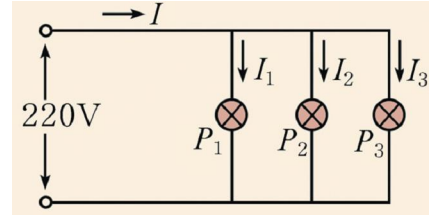
그림 3-66

풀이. 병렬회로에서는 전압이 다같이 걸리므로 매 전등에 흐르는 전류의 세기는

$$I_1 = \frac{P_1}{U_1}, \quad I_2 = \frac{P_2}{U_2}, \quad I_3 = \frac{P_3}{U_3}$$

이다. 그런데 병렬회로에서 전체 전류의 세기는 매개 전등에 흐르는 전류의 세기들의 합과 같으므로

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{(P_1 + P_2 + P_3)}{U} = \frac{P}{U} = \frac{100\text{W} + 60\text{W} + 60\text{W}}{220\text{V}} = 1\text{A}$$

답. 1A

1. 휴즈선으로 왜 동선이나 알루미니움선을 쓰지 말아야 하며 연합금이라도 지나치게 굵은것을 쓰면 왜 안되는가?
2. 어느 한 가정에서 40W짜리 전등 4개, 120W짜리 랭동기 1대, 80W짜리 TV 1대, 300W짜리 다리미를 동시에 쓰려고 한다. 사용전압은 220V이다. 여기에 알맞는 배선용전기선과 휴즈선의 규격을 결정하여라.
3. 어느 학교의 적산전력계의 최대허용전류는 25A이다. 학교에는 이미 18W짜리 콤팍트전등 100개, 14W짜리 콤팍트전등 30개를 설치하였다. 그리고 여러 기구들에 쓰는 전력이 2 000W이다. 이제 18W짜리 콤팍트전등을 몇개나 더 설치할수 있겠는가?

자료

감전되는 전류와 전압

사람의 몸도 도체이다. 그러므로 사람의 몸이 대전체 또는 전기선에 접촉되면 전류가 흐른다. 사람의 몸에 전류가 흐를 때 그것이 얼마나 위험한가 하는것은 전류의 세기와 함께 전류가 흐른 시간에 관계된다.

사람의 몸에서 전류에 가장 예민한 부분은 혀끝인데 45μA정도의 작은 전류의 세기도 느낄수 있다. 사람의 손바닥이 8~10mA의 전류가 흐르는 대전체에 접촉되였다면 손을 떼기가 힘들게 된다. 100mA의 전류가 몸으로 흐른다면 매우 짧은 시간동안 흘렀다고 해도 사람은 실신되고 심장의 박동이 멎을수 있다. 즉 전류의 세기가 클수록 감전사고를 일으키는 작용시간은 짧아진다.

감전은 전류의 세기뿐아니라 전압에 의해서도 일어난다. 사람의 몸에 걸리는 전압이 1.5V정도의 낮은 전압이면 감전되지 않는다.

사람의 몸의 저항은 사람마다 다르며 한 사람인 경우에도 몸상태에 따라 달라진다. 피부가 건조하면 몸의 저항이 커지고 피부가 습하면 저항도 작아진다. 그러므로 몸이 젖거나 습할 때 전류가 더 잘 흐르게 된다. 사람의 몸은 36V이하의 전압에서는 안전하며 220V나 380V의 전압에서는 생명이 위험하다.

왜 새들은 전기선우에 앉아있어도 감전되지 않는가

새들은 피복되지 않은 전기선우에 앉아있어도 감전되지 않는다. 감전되지 않는다는것은 새의 몸으로 전류가 흐르지 않는다는것을 말해준다. 전기선우에 새가 앉아있을 때 새의 몸은 전기선과 병렬로 이어졌다고 볼수 있다.(그림 3-67)

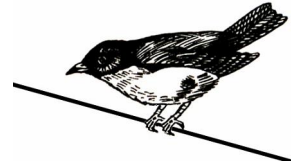



그림 3-67

이때 전기선과 직접 닿는 부분은 새의 발가락부위인데 이 부위는 저항이 매우 큰 각질(절연층)로 되여있으므로 전류는 새의 몸으로가 아니라 저항이 작은 전기선으로 흐르게 된다. 따라서 새는 감전되지 않으며 안전하다.

그러나 전압이 매우 높은 고압선에서는 위험하다. 고압선에는 매우 강한 교류가 흐르며 그 둘레에 매우 센 변하는 자기마당이 형성되여있다. 그러므로 고압선가까이에 새가 다가가면 새의 몸에 센 유도전류가 흘러 타죽고만다.

문제: 자기 집의 전기회로도를 그리고 년간 쓰는 전력량을 계산하여보아라.

방향:
- 외부로부터 집으로 들어오는 인입선을 찾아 회로의 전원으로 표시한다.
- 매 방으로 갈라져나간 전기선을 따라 회로에 어떤 전기기구들이 배치되여있는가를 관찰한다.
- 매 전기기구들이 전원과 어떻게 련결되여있는가를 알아보고 회로도를 완성한다.
- 매 전기기구들의 소비전력과 하루 쓰는 시간을 알아본다.
- 년간 집에서 쓰는 전력량을 계산하며 전기를 절약하기 위한 방도를 찾는다.

복습문제

1. 저항이 2Ω, 3Ω인 도체가 직렬로 이어져있다. 이 회로에 1A의 전류가 1min동안 흘렀다면 어느 도체에서 한 일이 몇배나 큰가?

   (답. 3Ω짜리 도체가 1.5배 크다.)

2. 저항이 5Ω, 12Ω인 두 전등을 병렬로 이었다. 같은 시간동안에 두 전등이 하는 일의 비를 구하여라.

   (답. 5Ω인 전등이 12Ω짜리보다 2.4배 크다.)

3. 끊어진 두 전기선을 이을 때 두끝을 납땜하거나 잘 꼬아서 단단히 이어야 한다. 만일 두끝을 구부려 걸어놓으면 어떻게 되겠는가?

4. 온도가 0℃이고 체적이 1L인 물속에 저항이 200Ω인 니크롬선을 잠그고 200V의 전압을 걸어주었다. 몇min후에 물이 끓기 시작하겠는가?

   (답. 35min)

5. 전열기에 흐르는 전류의 세기는 3A이고 거기에 걸린 전압은 220V이다. 600g의 물을 20℃에서 끓음점까지 덥히는데 9min 걸렸다면 이 전열기의 열효률은 얼마인가?

   (답. 약 56.6%)

6. 권선저항이 0.5Ω인 소형전동기에 10V의 전압을 걸었을 때 2A의 전류가 1min동안 흘렀다. 이때 전류가 한 일, 권선을 가열한 열량, 전동기가 한 력학적일, 전동기의 효률을 구하여라.

   (답. 1 200J, 120J, 1 080J, 90%)

7. 그림 3-68과 같이 이은 저항들에서 1s동안에 나오는 열량은 각각 얼마인가?

   (답. ㄱ) 4J, 8J, 12J ㄴ) 144J, 72J, 48J)

그림 3-68

8. 《220V, 40W》라고 쓴 전등에서

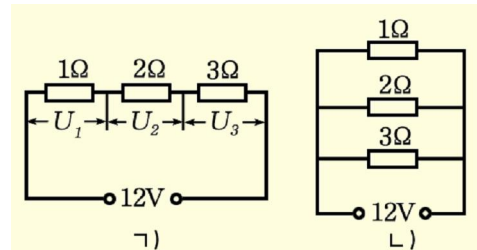
   ㄱ) 전등에 흐르는 전류의 세기는 얼마인가?

   ㄴ) 불을 켰을 때 전등의 저항은 얼마인가?

   ㄷ) 이 전등을 1.5h동안 켰을 때 전력량은 얼마인가?

   (답. 0.18A, 1 210Ω, 60W·h)

9. 손전지용전등이 소비하는 전력은 0.4W이고 2.5V의 전압에서 쓰도록 되여있다. 이 전등에 흐르는 전류의 세기는 얼마인가? 불을 켰을 때 이 전등의 저항은 얼마인가?

   (답. 0.16A, 15.6Ω)

10. 200V에서 쓰는 500W의 전열기와 250W의 전기다리미가 있다.

ㄱ) 어느것의 저항이 몇배나 큰가?

ㄴ) 어느것에 흐르는 전류의 세기가 몇배 큰가?

(답. $\frac{R_2}{R_1}=2$, $\frac{I_1}{I_2}=2$)

11. 출력이 100만kW인 발전소가 1년동안에 생산하는 전력량은 얼마나 되는가?

(답. 8.76×10^9kW·h)

12. 1년동안 천억kW·h의 전력량을 생산하자면 발전기의 일능률은 얼마여야 하는가? 발전기는 한해에 평균 8 000h 일을 한다고 본다.

(답. 1 250만kW)

13. 전열기의 저항은 20Ω이고 련결도선의 저항은 0.01Ω이다. 여기에 5A의 전류가 흐를 때 1s동안에 전열기와 련결도선에서 나오는 열량을 구하고 비교하여라.

(답. 500J, 0.25J, 2 000배)

14. 1kW의 전열기로 2L의 물의 온도를 10℃로부터 100℃까지 높이려면 얼마만한 시간이 걸리겠는가? 전열기의 효률은 60%이다.

(답. 21min)

15. 220V용250W짜리 전기다리미선이 끊어져 수리하였다. 끊어진 부분을 버리고 련결하였더니 니크롬선의 길이가 처음의 1/10만큼 짧아졌다. 수리한 다리미를 220V의 전원에 이으면 그의 소비전력은 얼마로 되겠는가?

(답. 약 278W)

16. 10Ω과 30Ω의 저항선을 그림 3-69과 같이 련결하였다. 어느 저항선에서 가장 많은 열량이 나오며 거기에서 1s사이에 나오는 열량은 얼마인가? 가장 적은 열량이 나오는 저항선에서 1s사이에 나오는 열량은 얼마인가? 5min동안에 열량계 C와 D의 물(100g)의 온도는 각각 얼마나 높아지는가?

(답. C에서 14.4J, A에서 0.9J, 10.3℃, 3.42℃)

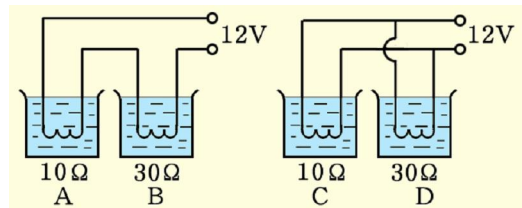



그림 3-69

17. 그림 3-70에 자석선광장치의 원리가 그려져있다. 선광장에서 분쇄한 쇠돌가루가 피대우로 실려오다가 끝에 와서 돌가루는 통 ㄱ에, 철가루는 통 ㄴ에 떨어진다. 이 장치의 작용원리를 설명하여라.

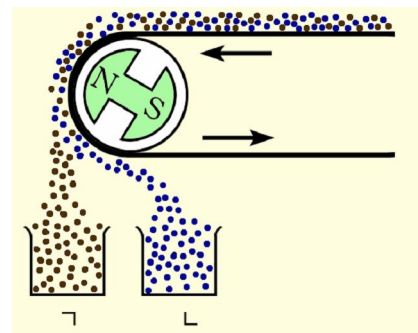



그림 3-70

18. 그림 3-71은 큰 탕크안의 물면의 높이변화를 자동적으로 알려주는 자동장치이다. 작용원리를 설명하여라.

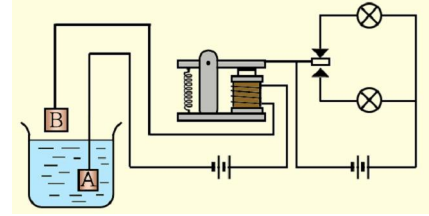



그림 3-71

19. 전자석계전기, 수은접점온도계(그림 3-72), 전기종, 전등, 전원, 련결선을 리용하여 방안의 온도가 정해진 온도보다 높아지면 저절로 종이 울리면서 신호등이 켜지는 자동회로를 그리여라.

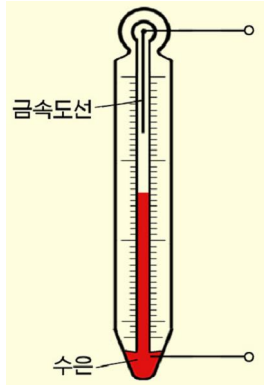



그림 3-72

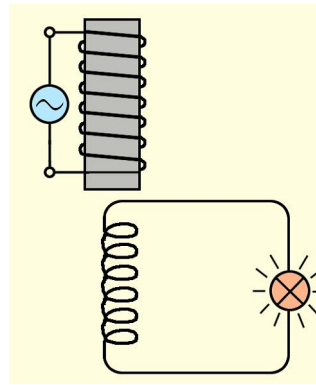



그림 3-73

20. 전자석의 선륜에 교류전류가 흐르게 하고 그 가까이에 작은 전등을 이은 닫긴 선륜을 가져가면 불이 켜진다.(그림 3-73) 왜 그런가?

21. 직류전동기에서 전지를 이은 자리에 전지대신 작은 전등을 련결하고 회전자를 돌려주면 불이 켜진다. 왜 그런가를 설명하여라.(그림 3-74)

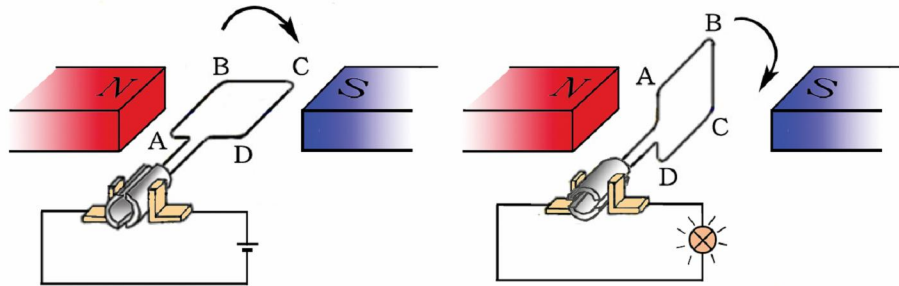



그림 3-74

22. 직류전동기와 교류발전기의 구조와 작용에서 공통점과 차이점은 무엇인가?

23. 효률이 90%인 전동기가 5kW의 전력으로 8h동안 한 력학적일은 얼마나 되는가?

(답. 1.296×10^{8}J)

24. 110V용40W짜리 전등과 110V용100W짜리 전등을 220V의 전원에 직렬로 련결하여 쓸수 있겠는가?

(답. 쓸수 없다.)

제4장. 소 리

우리 둘레에서는 사람의 말소리, 종소리, 음악소리, 기계소리, 바람소리, 새소리 등 여러가지 소리가 끊임없이 나고있다.

소리는 사람들의 일상생활과 밀접히 련관되여있는 물리적현상이며 소리를 떠난 생활과 실천에 대하여 생각할수 없다.

이 장에서는 소리는 어떻게 발생하고 전달되며 어떤 특성을 가지는가 그리고 어떻게 리용되는가에 대하여 학습하기로 한다.

제1절. 소리는 어떻게 생겨나는가

소리는 어떻게 발생하는가

소리는 어떤 때 나는가.

실 험

○ 소리를 내는 음차에 드리운 구를 대본다.(그림 4-1) 이때 구는 떤다.

○ 음차의 소리가 멎은 다음 음차를 구에 다시 대본다. 구는 떨지 않는다.

○ 소리를 내는 음차를 비커에 담겨져있는 물속에 넣어본다.(그림 4-2) 이때 물이 튀여난다. 음차가 떨면 소리가 나고 음차가 떨지 않으면 소리가 나지 않는다.

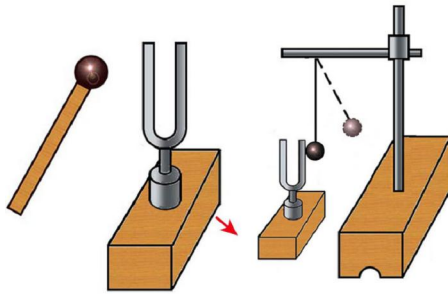



그림 4-1. 음차의 떨기

그림 4-2. 물속에서 음차의 떨기

이 실험을 통하여 소리는 물체가 떨 때 난다는것을 알수 있다.

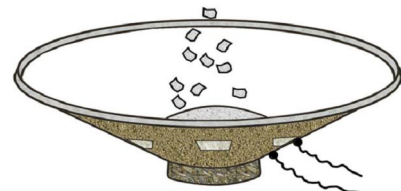
물체가 떨 때 소리를 내는 현상은 북면우에 종이쪼각이나 톱밥을 올려놓고 북을 두드려보거나 고성기의 진동면우에 종이쪼각 또는 톱밥을 올려놓고 스위치를 련결하였을 때도 나타난다.

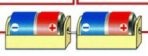
그림 4-3. 북면의 떨기

북소리가 날 때 종이쪼각이나 톱밥이 북면우에서 튀여나며 북판은 떤다. 북소리가 멎으면 종이쪼각은 정지상태에 있다.(그림 4-3)

고성기에서 소리가 날 때마다 종이쪼각 또는 톱밥이 튀여오른다.(그림 4-4) 고성기의 진동면이 떨 때 소리가 난다.

그림 4-4. 고성기진동면의 떨기

떨면서 소리를 내는 물체를 **음원**이라고 부른다.

진동이란 무엇인가

소리를 발생시키는 물체의 떨기를 무엇으로 표현할수 있는가.

○ 실에 추를 매달아 드리워놓고 추를 약간 밀었다놓으면 평형자리를 중심으로 왔다갔다하는 운동을 한다.(그림 4-5)

○ 그림 4-6과 같은 기구(혹은 기타)에서 줄을 옆으로 튕기면 줄은 튕기는 방향으로 왔다갔다하는 운동을 한다.

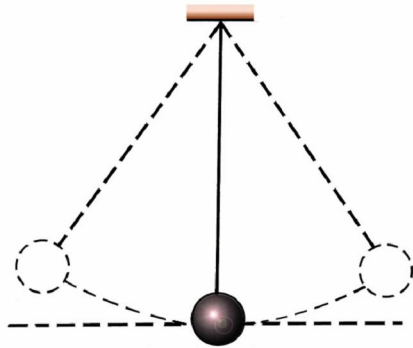



그림 4-5. 흔들이의 운동

그림 4-6. 줄의 진동

흔들이나 줄처럼 평형자리를 중심으로 왔다갔다하면서 되풀이되는 떨기운동을 **진동**이라고 부른다.

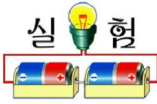
진동이 얼마나 빨리 일어나는가를 나타내는데는 진동주기와 진동수를 쓴다.

한번 진동하는데 걸리는 시간을 **진동주기**라고 부르며 1s동안에 진동하는 수를 **진동수**라고 부른다.

진동주기는 1s(초)를 단위로 하여 재고 진동수는 1Hz(**헤르쯔**)를 단위로 하여 잰다.

1Hz는 1s동안에 한번 떠는 진동수이다.

진동주기와 진동수는 어떤 관계에 있겠는가?

흔들이의 진동을 살펴보면 무엇을 알수 있는가.

○ 실의 길이가 각이한 흔들이의 추들을 꼭같이 조금 밀었다놓자.(그림 4-7)
실의 길이가 길수록 천천히 진동하여 진동주기는 길고 진동수는 작다. 실의 길이가 짧을수록 흔들이의 추는 빨리 진동하여 진동주기는 짧고 진동수는 커진다.

○ 흔들이의 추를 조금 밀었다놓으면 약하게 진동하고 많이 밀었다놓으면 세게 진동한다.(그림 4-8) 이때 추가 평형자리로부터 벗어나는 거리가 다르다.

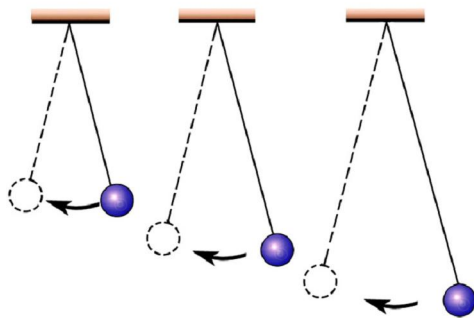



그림 4-7. 흔들이의 길이가 길수록 진동주기는 길고 진동수는 작다

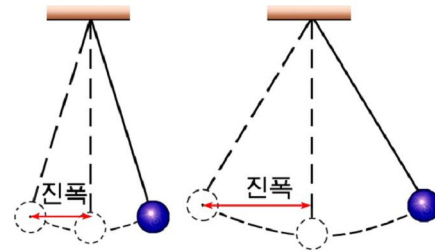



그림 4-8. 진폭

실험을 통하여 흔들이의 진동주기와 진동수가 흔들이의 길이에 관계되며 흔들이가 세게 진동할수록 평형자리로부터 벗어나는 거리가 커진다는것을 알수 있다.

이때 평형자리로부터 제일 멀어지는 점까지의 거리를 **진폭**이라고 부른다.

세게 진동할 때는 진폭이 커진다.

사람이 듣는 소리

어떤 동물들은 진동수가 아주 낮은 소리를 듣는다. 코끼리를 비롯한 일부 동물들은 바로 이런 소리를 내보내거나 들으면서 저희들끼리 《대화》를 하며 지어는 멀리서 일어나는 화산이나 지진현상도 빨리 감촉한다.

사람은 음원이 내는 진동수가 지내 작거나 너무 큰소리를 듣지 못한다.

사람은 약 16Hz로부터 20 000Hz까지의 진동수를 가진 소리만을 들을수 있다. 진동수가 16Hz이하인 소리를 **아음파**라고 부르며 20 000Hz이상인 소리를 **초음파**라고 부른다.

사람과 일부 동물들이 내는 소리의 진동수와 듣는 소리의 진동수범위 [Hz]

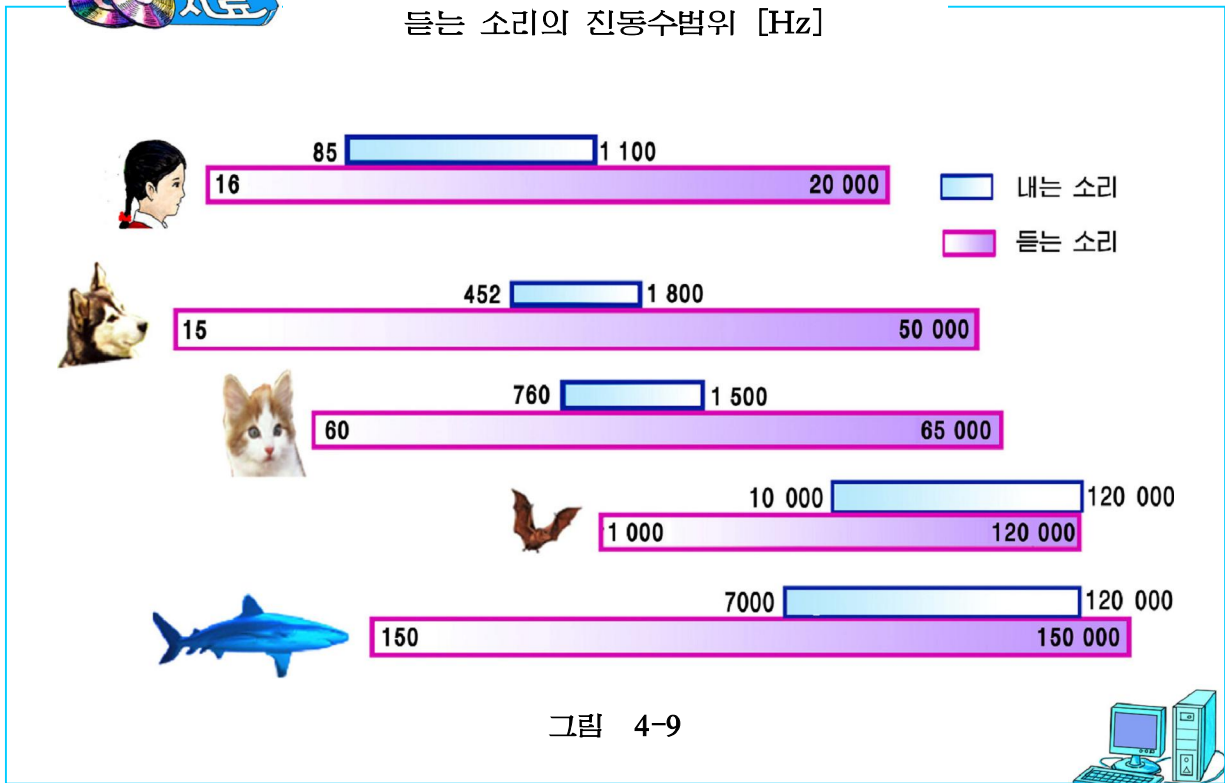



그림 4-9

문 제

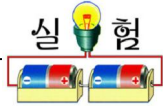
1. 물체가 진동할 때 소리가 나는 실례를 5가지이상 들고 설명하여라.
2. 길이가 1m인 흔들이를 진동하게 하고 10번 진동하는데 걸리는 시간을 재였더니 20s였다. 이 흔들이의 진동주기와 진동수는 얼마인가?
3. 개구리를 잘 관찰하고 개구리가 어떻게 소리를 내는가를 설명하여라.(그림 4-9)
4. 진동하는 물체는 어떤 점을 지날 때 가장 빠르고 어떤 점을 지날 때 가장 뜬가?

그림 4-10

제2절. 소리는 어떻게 전달되는가

우리가 둘레에서 나는 여러가지 소리들을 들을수 있는것은 귀에 여러가지 소리들이 전달되기때문이다.

소리의 전달

소리는 무엇을 통하여 전달되는가.

○ 책상에 귀를 대고 책상의 한쪽 모서리를 손가락으로 두드려본다.(그림 4-11) 이때 소리가 들린다.

○ 쇠저가락으로 유리고뿌를 두드려본다. 이때도 소리가 들린다.(그림 4-12) 물속에서 쇠저가락으로 유리고뿌를 두드려본다. 이때도 소리가 들린다.

○ 그림 4-13과 같이 플라스크안에 작은 소리방울을 매달고 흔들어본다. 이때도 소리가 들린다.
공기를 뽑는 뽐프로 플라스크안에 있는 공기를 뽑으면서 방울을 흔든다. 그러면 방울소리가 점점 약해지다가 잘 들리지 않는다.

그림 4-11. 나무속에서 소리가 퍼진다

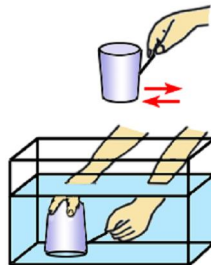



그림 4-12. 물속에서 소리가 퍼진다

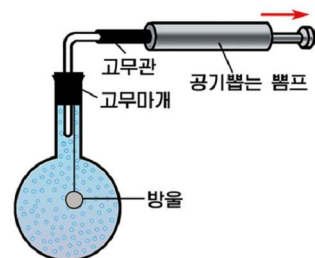



그림 4-13. 공기를 빼면 소리가 퍼지지 않는다

진공속에서 시계가 가는 소리는 전혀 들리지 않는다.(그림 4-14)

이 실험을 통하여 소리가 공기, 물, 나무와 같은 물질속에서는 잘 전달되지만 공기가 없는 진공속에서는 전달되지 않는다는것을 알수 있다.

<u>소리는 물질속에서만 전달된다.</u>

그림 4-14. 진공속에서 시계소리는 나지 않는다

소리가 전달될 때 물질속에서 무엇이 전달되는가

실험

○ 뜀줄의 한끝을 고정하고 수평으로 늘여놓은 다음 다른 끝을 흔들어 진동하게 한다. 이때 진동이 뜀줄을 따라 다른 끝으로 퍼져나간다.(그림 4-15의 ㄱ)

○ 수평으로 늘여놓은 용수철의 한끝을 용수철의 길이방향으로 밀었다놓자.(그림 4-15의 ㄴ) 이때도 진동이 용수철을 따라 전달된다.

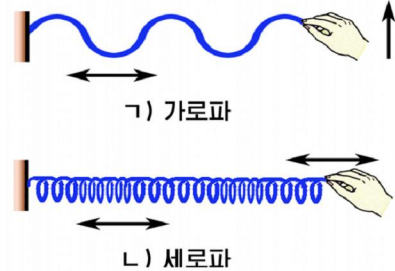



그림 4-15. 가로파와 세로파

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

물체의 한 부분에서 일어난 진동은 다른 부분에로 전달되여간다는것을 알수 있다.

이렇게 진동이 전달되여나가는것을 **파동**이라고 부른다.

늘여놓은 뜀줄을 흔들 때처럼 진동방향(흔드는 방향)에 수직으로 퍼져나가는 파동을 **가로파**라고 부른다.

용수철을 밀었다놓을 때처럼 진동방향(밀었다놓는 방향)으로 퍼져나가는 파동을 **세로파**라고 부른다.

<u>소리는 음원의 진동이 물질속에서 전파되는 세로파이다.</u>

소리는 물질속에서 어떻게 전달되는가

그림 4-16과 같이 북앞에 얇은 종이를 바른 가림판을 세우고 실에 매단 기포수지쪼각과 같은 가벼운 물체를 종이에 대여놓는다. 북을 세게 두드리면서 기포수지쪼각을 살펴보면 북이 울릴 때마다 쪼각이 떠는것을 볼수 있다.

그림 4-16. 소리가 날 때 종이가 떤다

그림을 통하여 소리내는 물체의 진동이 공기나 다른 물질에 옮겨져서 소리가 전달된다는것을 알수 있다.

즉 소리는 진동하는 물체에서 날뿐아니라 소리내는 물체의 진동이 공기나 다른 물질을 따라 옮겨가면서 전달된다는것을 알수 있다.

<u>소리는 음원이 진동할 때 그 둘레의 물질을 진동하게 하고 이 진동이 물질을 따라 퍼지는 파동(세로파)의 한 형태이다.</u>

우리는 음원에서 나오는 소리가 물질을 따라 퍼져와서 귀의 고막을 진동시킬 때 비로소 소리를 듣게 된다.(그림 4-17)

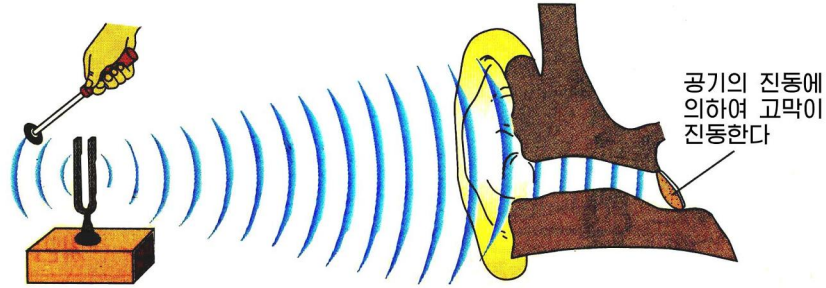



그림 4-17. 사람의 귀의 구조와 소리의 듣기

문 제

1. 물우에 풀잎(또는 종이쪼각)들을 띄워놓고 물결을 일으켜보아라. 풀잎들이 어떻게 움직이는가?
2. 하늘로 높이 올라갈수록 옆사람과 말을 주고받기 위해서는 더 큰 소리로 말해야 한다. 왜 그런가?
3. 만일 두 사람의 거리가 멀다면 《줄전화》에 실대신 가는 쇠줄이나 동줄을 쓰면 무엇이 다르겠는가? 왜 그런가?(그림 4-18)

그림 4-18

두꺼운 종이로 직경 5cm, 길이 15cm의 통을 만든다.(그림 4-19의 ㄱ))

얇은 종이를 통의 직경보다 크게 잘라서 그림 4-18의 ㄴ처럼 오려낸 다음 실의 끝을 그림과 같이 종이에 붙인다.

이러한 통을 2개 만들고 실들을 이으면 줄전화가 된다.(그림 4-19의 ㄷ)

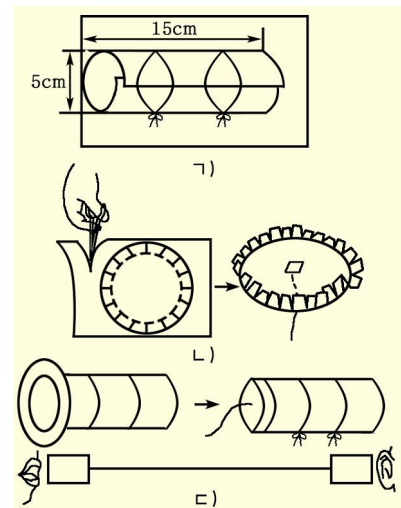



그림 4-19. 줄전화만들기

제3절. 소리의 세 요소

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《음악은 제각기 독특한 소리색갈을 가지고있는 악기의 울림이 잘 조화되였을 때 참으로 아름답게 들린다.》

음악을 듣느라면 소리가 높았다낮았다하기도 하고 커졌다작아졌다하기도 하며 맑은 소리가 나는가 하면 둔한 소리가 나기도 한다.

자연에서 나는 소리는 가지각색이다.

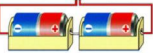
우리가 듣는 이처럼 복잡하고 다양한 소리에는 몇가지 특징이 있다. 그것은 소리의 높이, 크기 및 소리색갈이다.

소리들을 서로 다른것으로 갈라보게 하는 이 세가지를 **소리의 세 요소**라고 부른다.

소리의 높이

소리의 높이는 무엇에 관계되는가.

떠는 줄의 길이에 관계되는가.

그것을 어떤 현상으로 알아볼수 있는가.

○ 기타의 제일 굵은 줄을 튕겨 소리가 나게 한다.(그림 4-20) 이때 낮은 소리가 난다.

○ 같은 줄에서 첫 소리턱을 눌러 줄의 길이를 줄이고 튕긴다. 이때 줄은 빨리 진동하면서 좀 더 높은 소리가 난다.

○ 같은 줄에서 기타지판의 둘째, 셋째, … 소리턱을 짚으면서 줄을 튕겨 소리가 나게 한다. 줄이 더 빨리 진동하면서 보다 더 높은 소리가 난다.

○ 음차나 악기에서 나는 소리를 마이크를 거쳐 오씰로그라프로 진동모양을 알아본다.(그림 4-21) 이때 그 진동모양을 보아도 높은 소리는 진동수가 크고 낮은 소리는 진동수가 작다는것을 알수 있다.

그림 4-20. 줄의 진동수와 소리

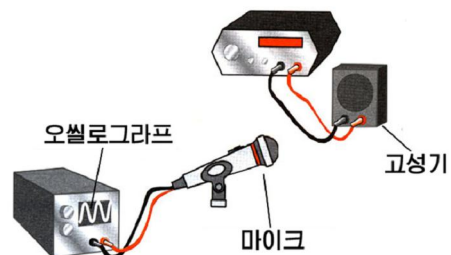



그림 4-21. 소리의 진동모양보기

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

소리의 높이는 진동수에 관계된다.

긴 줄은 짧은 줄보다 천천히 진동하면서 낮은 소리를 내고 짧은 줄은 빨리 진동하면서 높은 소리를 낸다.

즉 진동수가 작을수록 소리는 낮아지고 진동수가 클수록 소리는 높아진다.(그림 4-22)

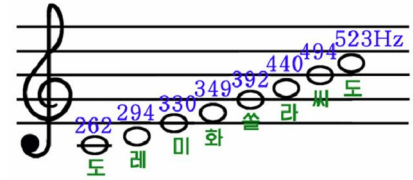



그림 4-22. 진동수가 클수록 소리가 높다

소리의 크기

소리의 크기는 무엇에 관계되는가.

소리의 크기가 진동하는 줄의 진폭과 어떻게 관계되는가를 알아보자.

○ 그림 4-23과 같은 기구에서 줄을 약하게 튕길 때와 세게 튕길 때 소리의 크기와 줄이 진동하는 모양을 살펴보자. 줄이 세게 진동하면 소리가 크고 약하게 진동하면 소리가 작다.

○ 그림 4-24와 같이 튐성이 있는 철판을 손으로 약하게 튕길 때와 세게 튕길 때 소리의 크기와 진동하는 모양을 살펴보자. 철판이 약하게 진동하면 소리가 작고 세게 진동하면 소리가 크다.

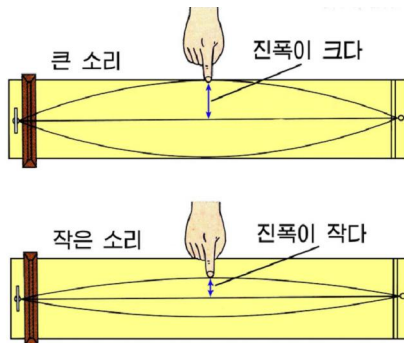



그림 4-23. 줄에서의 소리의 크기

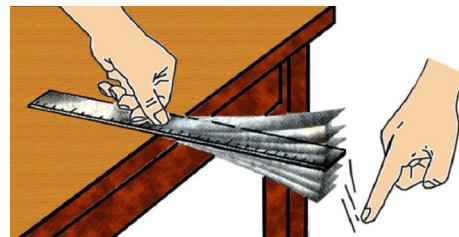



그림 4-24. 판에서의 소리의 크기

이 실험을 통하여 소리의 크기는 진폭에 관계된다는것을 알수 있으며 다음의 결과를 얻는다.

진폭이 클수록 소리도 크다.

소리의 색갈

같은 크기로 같은 높이의 소리를 낸다고 하더라도 사람마다 목소리가 다르다.

그러므로 말소리나 노래소리만 듣고도 그가 누구인지 알수 있다.

또한 같은 악보에 의하여 서로 다른 악기들로 연주할 때도 매 악기마다 그 소리의 듣는 맛(귀맛)이 다르다.

따라서 소리만 듣고서도 어느 악기인지 알수 있다.

이처럼 음원에 따라 듣는 맛이 다른 소리의 특징을 **소리색갈**이라고 부른다.

악기의 소리색갈은 악기의 구조에 관계된다.

악기의 구조가 다르면 소리를 낼 때 떠는 모습이 다르게 되고 소리를 듣는 맛도 달라진다. 사람마다 목소리가 다른것은 소리를 내는 성대를 비롯한 입과 목안의 구체적인 모양이 사람마다 다르기때문이다.

소리를 내는 물체가 어떻게 생겼는가에 따라 음원의 진동모양이 달라진다.

그것을 콤퓨터화면으로 보면 그림 4-25와 같다.

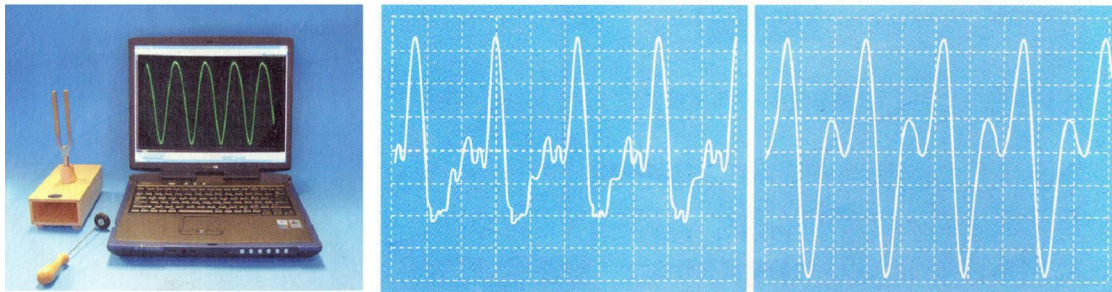



그림 4-25. 콤퓨터화면으로 본 진동모양

<u>소리색갈은 음원의 진동모양에 관계된다.</u>

문 제

1. 같은 재질, 같은 굵기로 된 가야금의 줄들에서 나는 소리의 높이는 무엇으로 조절하는가?
2. 바이올린, 첼로, 콘드라바스는 모양도 비슷하고 연주하는 방법도 비슷한 악기들인데 나는 소리는 모두 다르다. 왜 그런가?
3. 두 학생이 같은 악보를 보면서 노래를 부른다. 그들이 내는 소리의 세 요소가운데서 어떤것이 같고 어떤것이 다른가?
4. 가수의 노래를 직접 들을 때와 라지오나 TV를 통하여 들을 때 무엇이 다르며 그것은 왜 그런가?

제 4 절. 전화기와 고성기

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《통신은 부대의 신경과 같습니다. 사람이 신경이 마비되면 제대로 움직이지 못하는것처럼 부대도 통신이 마비되면 움직이지 못합니다.》

전화기는 중요한 통신수단으로서 나라의 모든 지역과 인민경제 여러 부문을 이어주며 모든 사업에서 신속성을 보장하는데 널리 쓰인다.

전 화 기

전화기로 어떻게 먼곳의 사람과 말을 주고받을수 있는가.(그림 4-26)

그림 4-26. 전화기

이것을 알아보기 위해서는 전화기가 무엇으로 이루어져있고 그것이 어떤 작용을 하는가를 알아보아야 한다.

전화기에는 말소리를 보내는 송화기와 그것을 받아듣는 수화기가 있다.

송화기의 중요한 부분은 진동판과 통속에 들어있는 탄소가루이다.(그림 4-27)

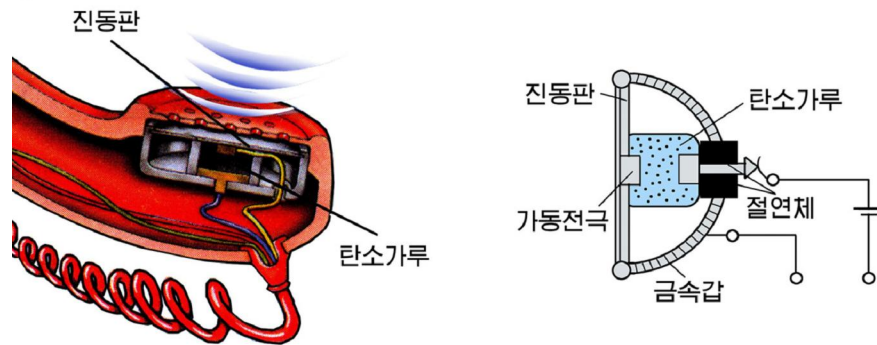
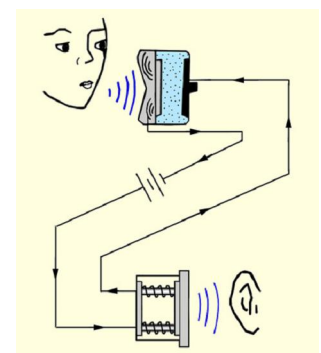



그림 4-27. 송화기의 구조

송화기앞에서 말을 하면 진동판이 진동하면서 탄소가루를 눌렀다놓았다 한다. 이에 따라 탄소가루의 밀도가 변하면서 전기저항이 변한다. 탄소가루에는 전압이 걸려있으므로 저항이 변하면 탄소가루를 통하여 흐르는 전류도 변한다.

이 전류의 변화는 송화기진동판의 진동에 의해서 일어나므로 말소리의 진동수와 진폭의 변화를 닮은 변하는 전류가 수화기에 흐르게 된다.(그림 4-28)

그림 4-28. 전화원리

수화기의 중요한 부분은 영구자석과 전자석, 얇은 철판

으로 된 진동판이다.(그림 4-29)

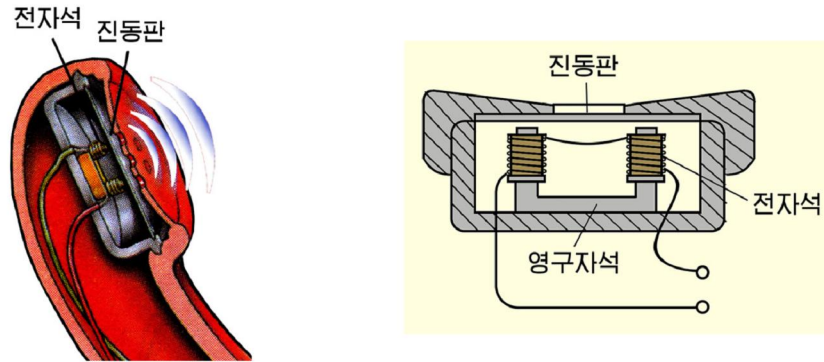
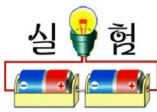



그림 4-29. 수화기의 구조

송화기로부터 흘러오는 전류가 수화기의 전자석선륜에 흐르면 전자석은 진동판을 당겼다놓았다한다. 수화기의 전자석선륜에 흐르는 전류는 송화기앞에서 말하는 사람의 말소리에 따라 변하기때문에 수화기의 진동판도 이 말소리와 같은 모양으로 진동하게 된다.

그리하여 수화기의 진동판에는 말하는 사람의 소리와 같은 소리가 난다.

전화기의 송화기진동판의 진동이 수화기진동판의 진동과 같다는것을 알아보자.

○ 그림 4-30과 같이 송화기와 수화기모형으로 회로를 만들자.

○ 송화기모형의 진동판을 눌렀다놓았다하면서 수화기모형의 진동판의 움직임을 살펴본다.

○ 송화기모형의 진동판을 눌렀다놓았다하면 전류의 세기가 커졌다작아졌다한다.

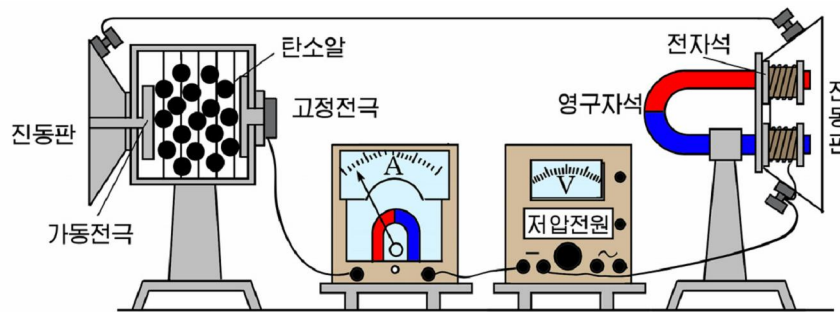



그림 4-30. 송화기의 진동판이 진동하면
수화기의 진동판이 꼭같이 진동한다

이 실험을 통하여 수화기모형의 진동판은 송화기진동판과 꼭같이 진동한다는것을 알수 있다.

이렇게 소리를 변하는 전류로 바꾸어 전화선(전기선)을 통하여 먼곳까지 보낼수 있다.

그림 4-31. TV전화기, 손전화기

오늘날에는 상대방을 서로 마주 보면서 전화를 할수 있는 TV전화기, 임의의 장소들에서 서로 말을 주고받을수 있는 손전화기를 비롯한 현대적인 전화기들이 많이 나오고있다.(그림 4-31)

고성기

전화기에서 소리는 매우 작아서 수화기를 귀에 가까이 가져가야 들린다. 고성기를 쓰면 소리를 멀리에서도 크게 들을수 있다.

고성기는 수화기처럼 전기신호를 소리로 바꾸는 기구이다.

고성기의 기본부분은 원통형영구자석과 자석의 극사이에서 움직일수 있는 선륜, 나팔모양의 진동종이이다.(그림 4-32)

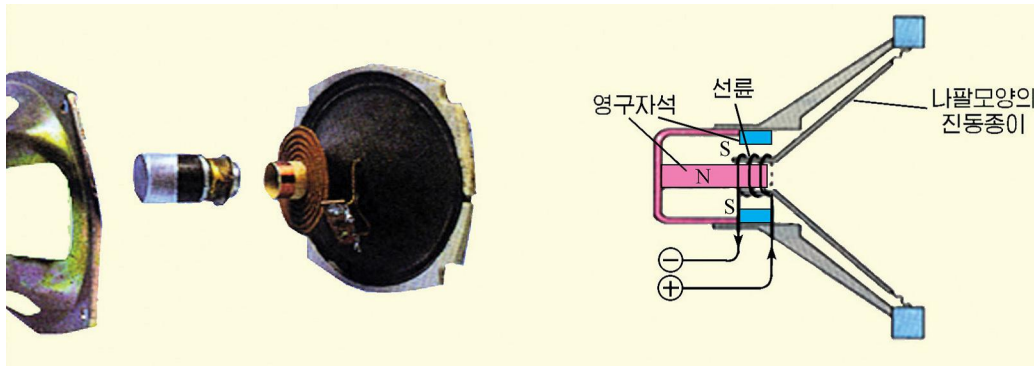



그림 4-32. 고성기의 구조

고성기의 영구자석 두 극사이의 좁은 틈에는 선륜이 들어있고 선륜끝에는 진동종이가 붙어있다.

선륜으로 전류가 흐르면 선륜은 전자석으로 되여 영구자석의 극과 호상작용한다.

선륜으로 흐르는 전류의 방향이 바뀌면 전자석의 극도 바뀌여 영구자석과 작용하는 방향도 반대로 된다.

선륜에 흐르는 전류의 세기가 변하면 선륜이 받는 자기힘도 변한다.

영구자석과 전자석의 자기힘에 의하여 선륜이 영구자석의 두 극사이의 좁은 틈속으로 들어갔다나왔다 하는 운동을 한다.

이에 따라 선륜과 련결된 나팔모양의 진동종이가 진동하면서 소리를 낸다.

소리를 더 크게 듣기 위하여 작게 진동하는 전기신호를 크게 진동하는 전기신호로 바꾸는 장치(증폭기)가 쓰이며 고성기가 내는 소리의 크기를 조절하기 위하여 소리전기신호의 크기를 조절하는 가변저항기가 리용된다.

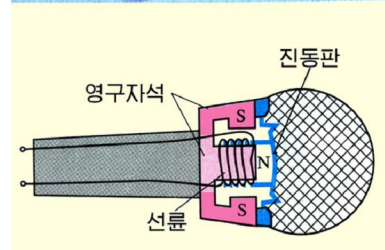
[례제] 그림 4-33에서는 가동선륜형마이크의 구조를 주었다. 그림을 보고 마이크의 작용원리를 설명하여라. 전화송화기와 다른 점은 무엇인가?

풀이. 소리가 금속진동판을 진동시킬 때 금속진동판에 붙어있는 가동선륜이 영구자석의 자기마당속에서 같이 진동하면서 가동선륜에 유도전류가 생긴다.

이 전류가 전기신호이다.

선륜이 진동할 때 유도전류의 크기와 방향이 변하는데 그 변화는 소리의 진동에 의하여 결정된다. 이 신호전류가 증폭되여 고성기에 흐르면 고성기에서 소리가 난다.

그림 4-33. 가동선륜형마이크

탄소송화기는 전원이 있어야 동작하지만 마이크는 전원이 없이도 동작한다.

문 제

1. 송화기는 어떻게 소리를 전기신호로 바꾸며 수화기는 어떻게 전기신호를 소리로 바꾸는가?
2. 고성기와 수화기에서 무엇이 진동하면서 소리를 내는가를 따져보고 다른 점을 말하여라.
3. 수화기와 고성기에서 들리는 사람의 목소리는 실지 그 사람과 마주서서 이야기할 때의 목소리와 꼭같지 않다. 왜 그런가?
4. 마이크대신에 고성기를 쓸수 있는가를 생각해보고 설명하여라. 그리고 실험으로 확인하여라.

제 5 절. 소리는 어떻게 기록하고 재생하는가

우리는 말이나 음악과 같은 소리를 기록하였다가 필요한 때에 되살려 듣는다. 소리는 어떻게 기록하며 되살리는가.

록음기(자기테프록음)

지난 시기 널리 쓰던 록음기는 자기테프식 록음기이다. 록음기에서 소리는 록음테프에 기

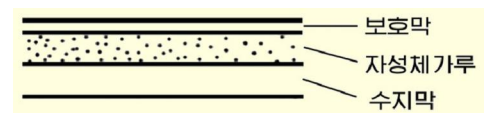



그림 4-34. 록음테프의 자름면

록된다.

록음테프는 수지막에 자성체가루를 점착제에 섞어 발라놓은 자기테프이다.(그림 4-34)

록음하지 않았을 때 자성체가루들은 자화되여있지 않다.

❓ 록음기에서의 록음과 소리재생은 어떻게 하는가.

그림 4-35에 록음기에서의 록음과 소리재생과정을 간단히 보여주었다.

여기에서 자두는 철심에 선륜을 감은 작은 전자석이다. 철심에 낸 좁은 자기마당속으로 록음테프가 지나가면서 자성체가루들이 자화되게 된다.

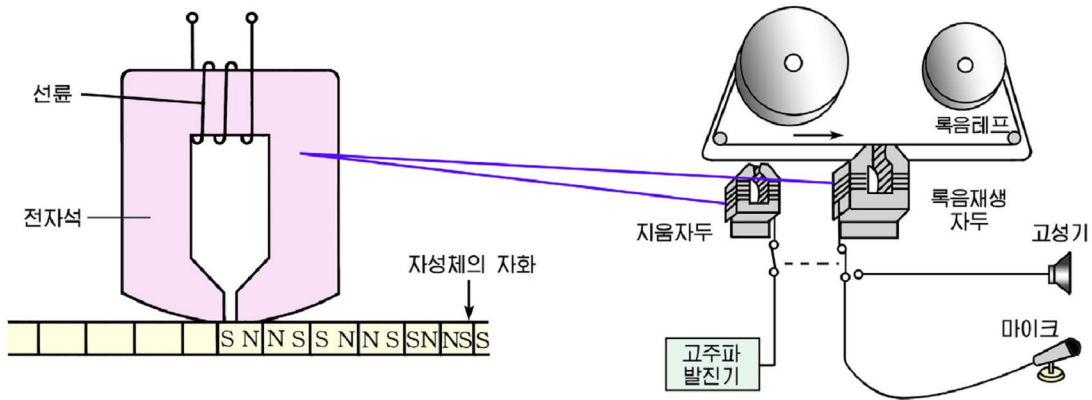



그림 4-35. 자기테프식록음기원리

먼저 테프에 록음하는 원리를 보자.

마이크에 소리가 와닿으면 그 소리의 진동에 따라 변하는 전류가 생겨 그것이 증폭된 후 록음재생자두의 선륜에 흐른다.

이 전류가 소리의 진동과 꼭같이 변하는 자기마당을 만든다.

록음테프가 이 록음재생자두앞을 지날 때 자성체가루들이 자화되면서 록음테프에는 소리와 같이 변하는 자기마당이 기록된다.

다음으로 소리가 재생되는 원리를 보자.

록음테프가 록음재생자두의 틈앞을 지날 때 자화된 자성체가루들이 만드는 자기마당이 선륜에 작용한다.

소리의 진동모양에 따라 자성체가루들이 자화된 테프가 이동할 때 선륜에는 유도전류가 생긴다.

이 유도전류는 록음된 소리의 진동과 같은 모양으로 변하는 전류이다.

이 유도전류가 증폭되여 고성기에 흘러 소리가 난다. 이것이 소리의 재생이다.

테프에 록음된 소리를 지우고 다른 소리를 록음하려면 테프를 지움자두(소거자두)앞으로 지나보내야 한다.

영화록음(필림록음)

우리는 영화관에서 화면을 보는것과 함께 소리도 동시에 듣는다.

그러면 영화를 볼 때 소리를 어떻게 직접 동시에 들을수 있는가.

영화필림을 관찰해보면 **소리띠**라고 부르는 좁은 띠가 찍혀져있다.(그림 4-36)

그림 4-36. 영화필림의 소리띠

소리띠에는 소리의 진동에 따라 너비가 커졌다 작아졌다 하면서 변하는 검은 띠가 기록되여있다.

이 소리띠에 빛을 쪼여주면 소리띠를 지난 빛이 빛전지에 들어가게 된다.(그림 4-37)

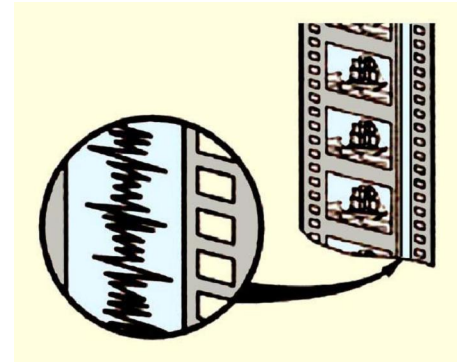
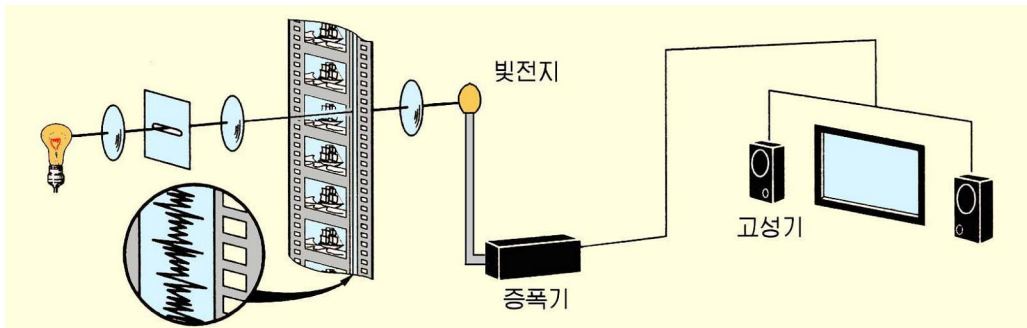



그림 4-37. 영화에서 소리의 재생

빛전지는 빛의 작용에 의하여 회로에 전류가 흐르게 하는 기구이다.

소리띠의 너비에 따라 빛전지에 들어가는 빛의 세기가 변하며 빛전지에는 이에 따라 변하는 전류가 흐른다. 이것을 증폭하여 고성기에 보내면 소리가 재생된다.

최근에 레이자라고 부르는 특수한 빛을 써서 소리의 진동을 수자신호로 바꾸어 소리를 기록하는 새로운 록음방식이 리용되고있다.

이러한 방식으로 록음한 판을 CD(콤팍트디스크)라고 부른다.

문 제

1. 록음기, 영사기에서 록음테프나 필림의 이동속도가 떠지거나 빨라지면 소리는 어떻게 들리겠는가?
2. 자기테프록음이 다른 록음방법보다 어떤 점에서 좋은가?
3. 록음된 자기테프띠를 무질서하게 변하는 자기마당속에 가져가면 어떻게 되겠는가?
4. 록음과 소리재생의 여러가지 방법에서 공통점과 차이점을 찾아보아라.
5. 철을 많이 다루는 작업장에서 자석으로 철가루를 수집하여 가는 채에 쳐서 철가루를 얻어 자기테프에 뿌려보아라. 록음되지 않은 부분과 록음된 부분에서 철가루의 배치가 어떻게 다른가를 살펴보고 그것이 왜 그런가를 설명하여라.

에디슨의 축음기발명

에디슨은 1877년 세계에서 처음으로 소리를 기록하고 재생하는 장치인 축음기를 만들었다.

비상한 관찰력을 지닌 그는 어느날 바다기슭을 산보하다가 잔잔한 물결이 오르내리는 백사장에 주의를 돌렸다.(저렇게 잔잔한 물결도 백사장에 제모습을 남기누나! 그렇다면 사람의 소리도 그 어디에 기록해두었다가 재생시킬수 없을가?)

이런 생각이 그의 머리속에 떠오르는것이였다. 그는 실험실에서 유리판에 보드라운 모래를 펴고 피아노우에 올려놓고는 건반을 두드려보았다. 유리판우의 모래는 피아노소리의 흔적을 남기였다. 그날부터 에디슨은 축음기제작에 달라붙었다.

고심어린 연구끝에 원통형석판에 소리를 기록하고 그것을 재생시킬수 있는 세계최초의 축음기를 만드는데 성공하였다.

레코드판에는 기록하려는 소리에 따라 변하는 한줄의 라선형홈이 패여져있다. 진동막이 달린 축음기바늘이 이 홈을 따라 움직이면 진동막이 울리면서 소리가 재생된다. 전축(전기축음기)은 바늘의 진동을 전기신호로 바꾸고 그것을 증폭하여 고성기를 울리게 되여있다.

그는 이에 대한 연구사업을 계속 진행하여 원판형레코드판을 만드는데 성공하였다.

문제: 기타에서 소리의 발생과 소리의 높이, 크기, 음색이 무엇에 관계되는가를 알아보아라.

방향:
- 기타선을 가만히 튕길 때와 세게 튕길 때 소리에서 무엇이 달라지는가를 알아본다.
- 기타의 제일 굵은 선(미선)을 튕길 때와 제일 가는 선(미선)을 튕길 때 소리에서 무엇이 달라지는가를 알아본다.
- 울림통구멍을 종이로 막았을 때와 열었을 때 소리에서 무엇이 달라지는가를 알아본다.

복습문제

1. 흔들이를 기울였다가 놓으면 평형자리에로 되돌아간다. 이것은 무엇때문인가?
2. 아래의 문장들가운데서 옳게 쓴 문장의 번호를 찾아라. 그리고 맞지 않는 문장에서 틀리게 쓴 부분을 찾아 옳게 고쳐라.
   ㄱ) 진폭의 단위는 1Hz이다.
   ㄴ) 진동주기가 길면 진동수는 작아진다.
   ㄷ) 소리는 금속이나 물속에서는 잘 퍼지지만 공기나 진공속에서는 퍼지지 않는다.
   ㄹ) 진동주기는 한번 진동하는데 걸리는 시간이다.
3. 다음의 글에서 □안에 알맞는 말을 써넣어라.
   ㄱ) 소리는 물체가 □때 나며 □에서는 퍼지지 못하고 기체 □, □속에서 퍼진다.
   ㄴ) 소리는 물체를 따라 □이 차례차례 전달되여나가는 □의 한 형태이다.
   ㄷ) 사람은 진동수가 약 □～□Hz인 소리를 들을수 있다.
   진동수가 □수록 소리는 높으며 □이 클수록 소리는 크게 들린다.
   ㄹ) 소리내는 물체의 생김새와 크기가 다르면 진동□이 달라져 그것이 내는 소리□ 달라진다.
4. 진동수가 50Hz인 진동의 진동주기는 얼마인가?
5. 북을 두드릴 때 세게 두드려도 소리의 높이는 변하지 않는다. 왜 그런가?
6. 전화기에서는 송화기앞에서 말을 하지 않을 때에도 수화기의 선륜에 전류가 흐른다. 그런데 왜 수화기에서는 소리가 들리지 않는가?
7. 싸이렌소리를 들어보아라. 울리기 시작할 때는 낮은 소리가 나다가 점차 높아지고 끝나갈 때에는 소리가 낮게 들린다. 왜 그런가?
8. 송화기에 들어있는 탄소가루는 어떤 역할을 하는가?
9. 수화기에 있는 영구자석은 어떤 역할을 하는가?
10. 록음기에 기록된 소리를 되살리는 원리는 무엇인가?
11. 전축과 록음기에서는 다같이 노래소리를 되살린다. 어떤 점에서 구별되는가?

제5장. 빛

태양은 밝은 빛을 뿌리며 온 누리를 환히 비쳐주고 전등이나 별도 빛을 내보낸다.

이 빛에 의하여 우리는 둘레의 모든 물체를 가려보게 된다.

빛이 없다면 우리는 한치앞도 가려볼수 없으며 식물이나 동물도 살아갈수 없다.

이처럼 빛현상은 우리의 생활에서나 과학을 연구하는데서 한시도 없어서는 안될 매우 귀중한 자연현상이다.

이 장에서는 빛은 어떻게 퍼져나가며 그의 성질과 리용에 대하여 학습한다.

제1절. 빛의 직진

빛은 물이나 공기와 마찬가지로 우리 생활에서 많이 리용된다.

빛은 어디서 나오는가. 태양과 각종 전등은 빛을 내여 물체들을 환히 비쳐준다. 태양이나 전등처럼 빛을 내는 물체들을 **광원**이라고 부른다.

빛의 직진

❓ 광원으로부터 나온 빛은 어떻게 퍼져나가는가.

탐조등이나 손전지(레이자전지)에서 퍼져나가는 빛줄기(그림 5-1)와 수림속으로 해빛이 들어올 때의 빛줄기모양을 살펴보면 곧추 나간다.(그림 5-2)

그림 5-1. 탐조등의 빛줄기

그림 5-2. 수림속의 빛줄기

이처럼 공기속에서 빛은 곧추 퍼져나간다.

그러면 물속에서는 빛이 어떻게 퍼져나가는가.

빛은 공기속에서뿐아니라 물속에서도 곧추 퍼진다. 또한 유리속에서도 곧추 퍼진다.(그림 5-3)

공기나 물, 유리처럼 빛을 잘 통과시키는 물질을 **투명체**라고 부르며 두꺼운 종이나 나무, 철판처럼 빛을 전혀 통과시키지 않는 물질을 **불투명체**라고 부른다.

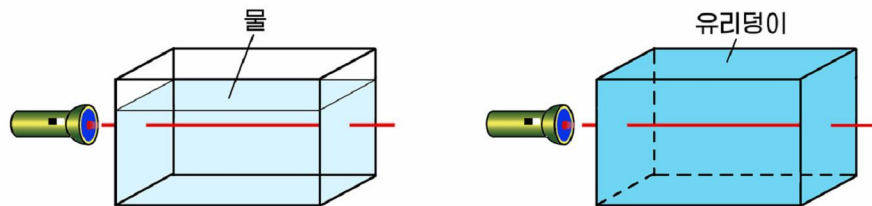



그림 5-3. 물질속에서의 빛의 직진

❓ 투명체속에서 빛이 어떻게 퍼져나가는가.

고르로운 투명체속에서는 빛이 곧추 퍼져나간다. 고르로운 투명체속에서 빛이 곧추 퍼져나가는것을 **빛의 직진**이라고 부른다.

빛이 어떻게 퍼져나가는가를 빛선을 그려 나타낸다. 가는 빛줄기를 따라 그은 선을 **빛선**이라고 부른다.(그림 5-4) 빛은 물질속에서만 퍼지는 것이 아니라 진공속에서도 퍼진다.

이것은 태양빛이 지구에까지 오는것을 보고도 알수 있다.

빛이 직진한다는것을 그림자를 보고도 알수 있다.

그림 5-4. 빛 선

광원에서 나오는 빛이 지나가는 길에 불투명체를 놓고 그뒤에 비춤판을 세우면 비춤판에는 그것을 닮은 그림자가 생긴다.(그림 5-5)

그림 5-5. 그림자는 왜 생기는가

그림자는 빛이 불투명체속으로 뚫고 지나가지 못하여 그것의 뒤부분을 비치지 못하므로 그늘이 지기때문에 생긴다.

? 한 물질속에서 직진하던 빛이 다른 물질을 만나면 어떻게 되는가.

유리통에 담은 물면에 레이자전지로 빛줄기를 경사지게 비친다.

그림 5-6. 빛선의 방향변화

한 물질(공기)속에서 퍼져나가던 빛이 다른 종류의 물질(물)을 만나면 빛선의 방향이 바뀐다.(그림 5-6)

? 빛줄기들이 서로 사귀면 어떻게 되는가.

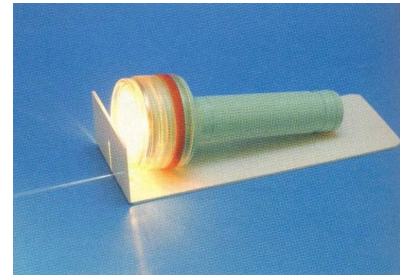
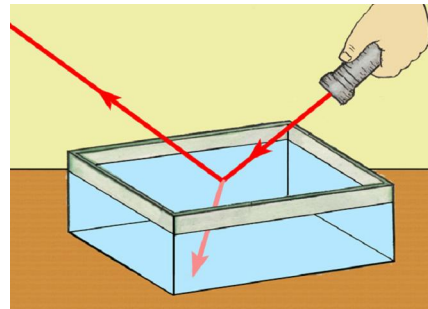
빛줄기들은 서로 사귀여도 퍼지는 방향이 아무런 변화없이 본래의 방향으로 직진한다.(그림 5-7)

그림 5-7. 빛줄기의 사귐

그러므로 여러 방향으로 퍼지는 빛이 있어도 우리는 자기앞의 물체를 정확히 볼수 있는것이다.

빛의 직진은 총을 쏠 때 조준, 측량, 직선이나 평면의 검사 등에 널리 리용된다.

빛의 속도

먼곳에서 일어난 번개를 본 순간과 그곳에서 들려오는 우뢰소리를 듣는 순간이 같은가, 다른가.(그림 5-8)

번개불을 본 다음 잠간 있어야 우뢰소리가 들린다. 명절날 밤하늘에 터지는 축포를 생각해보자.

축포알이 올라가 터져 생기는 꽃보라를 본 다음 잠간 있어야 축포알이 터지는 소리가 들린다.

이러한 사실은 빛의 속도가 소리의 속도보다 훨씬 빠르다는것을 보여준다.

그림 5-8. 빛의 속도는 소리속도보다 빠르다

❓ 그러면 빛속도는 얼마나 되는가.

빛속도는 진공속에서 제일 빠르다. 진공속에서는 1s동안에 30만km나 퍼져나간다.

진공속에서의 빛의 속도를 c로 표시하면

$$c = 3\times10^8 \text{m/s}$$ **진공속에서의 빛의 속도**

지구로부터 약 38만km나 떨어져있는 달까지 빛은 1s 남짓한 시간이면 갈수 있다.

투명체속에서 빛속도는 진공속에서보다 작다.

례를 들어 물속에서는 225 000km/s이고 보통유리속에서는 200 000km/s이다.

[례제] 4km밖에서 번개가 일었다. 번개빛을 본 다음 시간이 얼마 지나서 우뢰소리를 듣겠는가 ? 소리의 속도는 340m/s이다.

풀이. 주어진것: S=4km=4 000m

$v_{소}$=340m/s

구하는것: t?

$$t = \frac{S}{v_{소}} = \frac{4\ 000\ \text{m}}{340\ \text{m/s}} = 11.7\text{s}$$

답. 11.7s

문제

1. 그림자는 왜 생기는가? 빛의 직진현상으로 설명하여라.
2. 한 휘거선수의 그림자가 4개로 나타났다.(그림 5-9) 광원은 어디에 있는가?
3. 길이가 1m인 자를 땅우에 수직으로 세웠을 때 그림자가 0.8m로 되였다. 그림자의 길이가 9.6m인 굴뚝의 높이는 얼마인가?

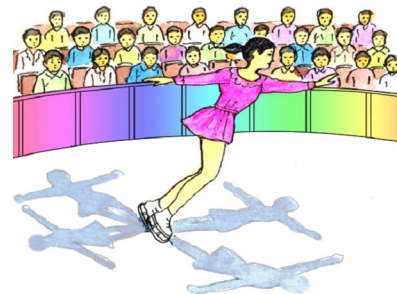



그림 5-9. 휘거선수의 그림자

속그늘과 겉그늘

광원이 물체에 비하여 클 때 혹은 여러개의 광원이 한 물체에 비칠 때에는 광원의 매 점에서 나가는 빛선에 의한 그림자들이 생겨 이것들이 겹친다.

물체에 의하여 빛이 완전히 가리워져 어둡게 되는 그림자의 가운데부분은 **속그늘**, 빛의 일부만 가리워져서 덜 어둡게 되는 그림자의 바깥부분은 **겉그늘**이라고 부른다. (그림 5-10)

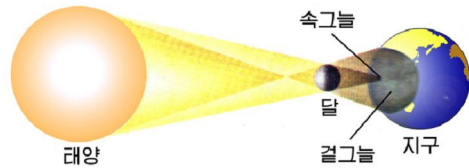



그림 5-10. 속그늘과 겉그늘

속그늘의 크기는 광원이 클수록 작아진다.

병원의 수술실에 있는 전등은 여러개의 광원으로 이루어져있으므로 수술의사의 몸에 의한 속그늘이 생기지 않도록 함으로써 수술에 지장이 없게 한다.

두개의 광원이 하나의 불투명체에 비칠 때 생기는 겉그늘과 속그늘이 어떻게 되는가를 그려보아라.

제2절. 빛의 반사

우리는 매일 거울을 마주하고 자기 모습을 보면서 머리도 빗고 옷차림새도 바로잡는다.(그림 5-11)

어떻게 되여 거울로 자기 모습을 비쳐볼수 있는가.

그림 5-11. 거 울

빛의 반사법칙

❓ 빛이 한 물질속에서 직진하다가 다른 물질을 만나면 어떻게 되는가.

빛은 한 물질에서 다른 물질로 들어갈 때 그 결면에서 방향을 바꾸어 되돌아나오게 된다.

광원에서 나오는 레이자빛을 거울로 받아 벽면에 비추어보면 빛이 거울면에서 방향을 바꾸어나간다는것을 알수 있다.(그림 5-12)

이처럼 빛이 한 물질에서 다른 물질로 들어갈 때 그 걸면에서 방향을 바꾸어 되돌아나오는 것을 **빛의 반사**라고 부른다.

한 물질속에서 전파되던 빛이 다른 물질의 걸면에서 반사될 때 어떤 법칙성에 따라 반사되는가를 알아보자.

매끈한 평면 MM′에 빛선 AO가 들어와 O점에서 반사하여 OB방향으로 나간다고 하자.(그림 5-13)

빛선 AO를 **입사빛선**, OB를 **반사빛선**이라고 부른다.

그리고 O점에서 반사면 MM′에 세운 수직선 ON과 입사빛선이 이루는 각 α를 **입사각**, 수직선 ON과 반사빛선이 이루는 각 β를 **반사각**이라고 부른다.

입사빛선이 떨어지는 점을 **입사점**이라고 부른다. 입사빛선이 경계면과 사귀는 점이 입사점이다.

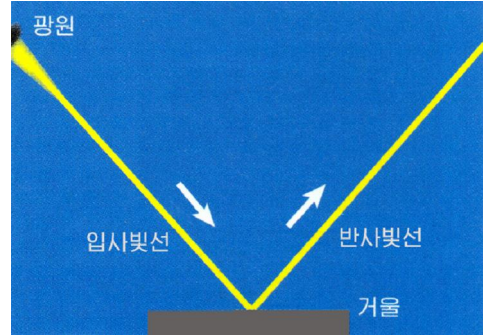



그림 5-12. 거울에서 반사된 빛

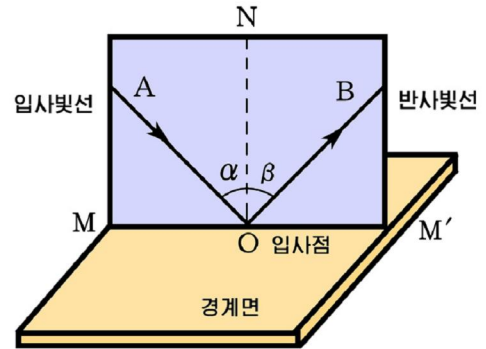



그림 5-13. 입사각과 반사각

○ 빛의 반사법칙실험기구로 입사각을 15° 씩 크게 하면서 빛을 거울면에 입사시킨다.

○ 이때 반사각이 얼마씩 변하는가를 알아본다.(그림 5-14) 반사각도 15° 씩 커진다.

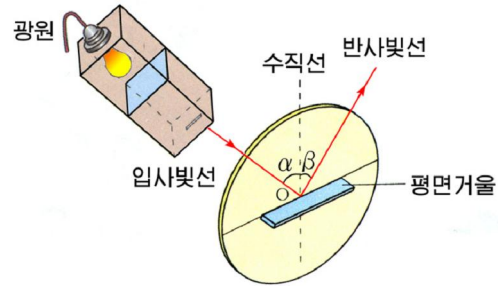



그림 5-14. 빛의 반사법칙실험

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

<u>반사각은 입사각과 같다.</u> ($\angle\beta=\angle\alpha$)

<u>입사빛선, 반사빛선 및 입사점에서 경계면에 세운 수직선은 한 평면에 있다.</u>

이것을 **빛의 반사법칙**이라고 부른다.

반사빛선이 나오던 길로 빛을 거꾸로 들여보내면 입사빛선이 들어오던 길을 따라 반사빛선이 나간다. 이것을 **빛의 역행성**이라고 부른다.

정반사와 란반사

거울이나 창문유리에서 반사된 해빛이 눈에 비칠 때 너무나 눈이 부시여 앞을 가려볼수 없을 때가 있다. 왜 그런가.

반사면이 매끈하면 일정한 방향으로 들어간 빛이 반사법칙에 따라 정해지는 한 방향으로 모두 반사되여 나오기때문이다.

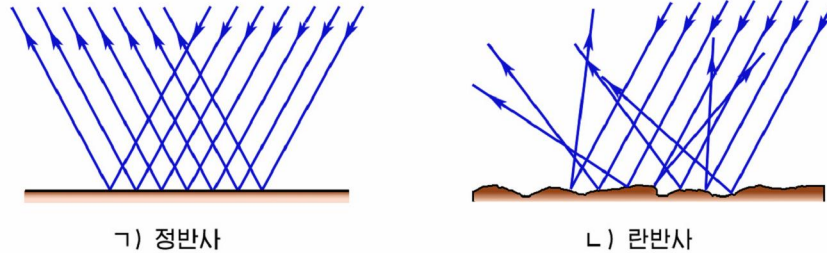



그림 5-15. 정반사와 란반사

이처럼 매끈한 반사면에서 평행으로 들어간 빛이 반사된 후에도 평행으로 나오는 반사를 **정반사** 또는 **거울반사**라고 부른다.(그림 5-15의 ㄱ) 정반사는 입사빛선도 모두 한 방향으로 되고 반사빛선도 다 한 방향으로 되는 반사이다.

종이장이나 벽체에서 반사되는 빛은 왜 눈부시게 들어오지 못하는가.

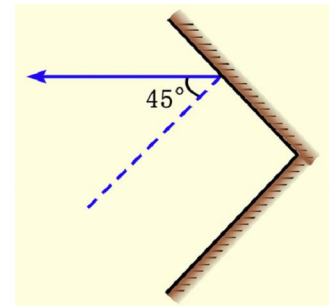
반사면이 매끈하지 못하고 거칠 때 일정한 방향으로 들어간 빛은 여러 방향으로 흩어져 반사되기때문이다.

이처럼 거치른 면에서 평행으로 들어간 빛이 반사된 후에는 평행으로 되지 못하는 반사를 **란반사**라고 부른다.(그림 5-15의 ㄴ) 란반사는 입사빛선은 다 한 방향이지만 반사빛선들은 각이한 방향으로 나올 때의 반사이다.

우리가 어떤 물체인가를 잘 가려볼수 있는것은 빛이 물체의 면에서 란반사되기 때문이다.

1. 어떤 경우에 반사빛선이 입사빛선과 수직으로 되겠는가?
2. 그림 5-16과 같이 서로 수직되게 놓여있는 두 거울이 있다. 웃거울에 입사각이 45°되게 입사한 빛선이 아래거울에서 반사한 다음 어떻게 나가겠는가?

그림 5-16

3. 다음의 문장에서 정확한것을 선택하여라.
   ㄱ) 란반사가 일어날 때 모든 반사빛선들에서는 반사법칙이 성립된다.
   ㄴ) 란반사가 일어날 때 모든 반사빛선들에서는 반사법칙이 성립되지 않는다.
   ㄷ) 란반사가 일어날 때 모든 반사빛선들에서는 반사법칙이 성립될수도 있고 안될수도 있다.

제3절. 평면거울

평면거울

우리가 거울이나 매끈하게 잘 연마된 금속면 그리고 잔잔한 물면에서 자기의 모습을 비쳐볼수 있는것은 무엇때문인가.

그것은 매끈한 면에서 정반사가 일어나기때문이다.

이처럼 빛을 정반사시키는 매끈한 평면을 **평면거울**이라고 부른다.

평면거울을 마주 보면 마치도 자기 모습이 거울의 안쪽에 있는것으로 보인다.(그림 5-11)

왜 사람의 모습이 거울의 안쪽에 있는것처럼 보이는가.

○ 그림 5-17과 같이 수직으로 세운 초불앞에 평면거울을 놓고 본다. 마치도 거울속에도 초불이 있는것으로 보인다.

○ 거울의 자리를 옮기면서 거울속의 초불의 자리와 크기를 실지 초불까지의 자리, 크기와 비교하여본다. 거울로부터 실지 초불까지의 거리와 거울속의 초불까지의 거리가 같으며 크기도 꼭같다.

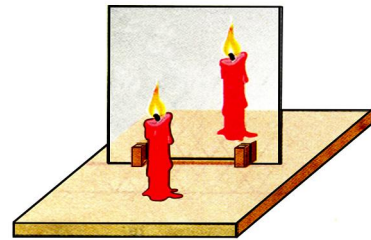



그림 5-17. 거울에 비쳐진 초불

실험에서 보는것처럼 거울에 비친 초불은 실지 초불과 거울로부터 같은 거리에 있으며 같은 크기를 가지고 나타난다. 이처럼 거울안쪽에 있는것으로 보이는 물체의 모습(거울속의 초불)을 평면거울에 의한 물체의 **영상**(또는 **상**)이라고 부른다.

⚠ 종이나 흐린 유리와 같이 빛을 란반사시키는 면은 영상을 이루지 못한다.

평면거울에 의한 영상

그러면 평면거울에서 영상이 어떻게 이루어지는가.

초불의 끝점 A와 B에서 나간 빛선들은 거울면에서 반사되여 우리 눈으로 들어오게 된다.(그림 5-18)

이 반사빛선들을 거꾸로 연장하여 사귀는 점을 A′, B′라고 하면 우리 눈에 들어오는 빛선들은 마치도 점 A′와 B′에서 나와 직진한것처럼 느껴진다.

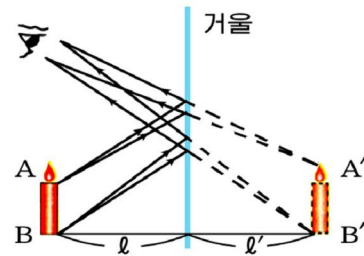



그림 5-18. 평면거울에 의한 영상

이 거울속의 점 A′, B′를 초불의 A점과 B점의 **영상점**이라고 부른다.

따라서 물체의 영상은 그 물체의 매개 점들에 대한 영상점들로 이루어진다.

그림 5-19에서 알수 있는것처럼 <u>평면거울에 의한 물체의 영상은 거울면에 대하여 물체와 대칭인 자리에 같은 크기로 생긴다. 이때 생긴 영상은 언제나 바로선 영상으로 된다.</u>

※ 평면거울에 의한 영상은 거울에서 반사된 빛선들을 그 반대방향으로 연장하여 사귀는 점(영상점)들로 이루어진 영상이므로 **허영상**이라고 부른다.

그림 5-19. 거울에서 빛이 지나가는 길

그림 5-20. 잠망경의 원리

그림 5-20과 같이 거울 두개를 쓰면 자기보다 훨씬 높은 곳에 있는 물체들을 볼수 있는 장치를 만들수 있다. 이런 장치를 **잠망경**이라고 부른다.

잠망경을 리용하여 참호안에서 적진을 감시하거나 잠수함안에서 바다물면우의 상태를 감시할수도 있다.(그림 5-21)

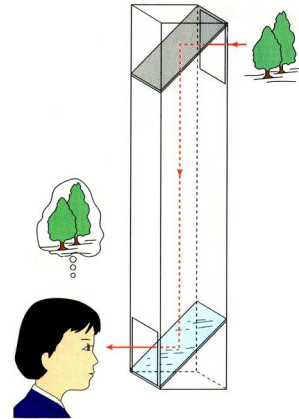
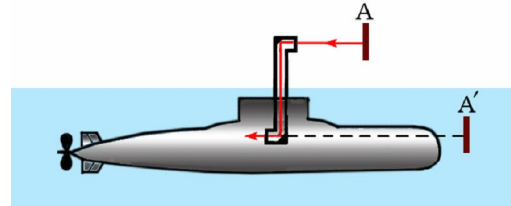



그림 5-21. 잠수함에서 잠망경의 리용

문 제

1. 거울에 먼지가 많거나 물방울이 많이 끼면 왜 영상이 잘 보이지 않겠는가?
2. 그림 5-22와 같이 평면거울 MN앞에 있는 화살모양의 물체 AB의 영상을 그려라. 만일 거울의 PN부분이 없다면 눈이 어떤 자리에 있어야 이 거울영상을 볼수 있겠는가?
3. 거울로 자기 모습을 보다가 거울을 50cm만큼 멀리 밀어놓으면 자기 모습은 어느쪽으로 얼마만큼 멀어지겠는가?
4. 그림 5-23과 같이 평면거울앞에 두개의 광원 A와 B가 있다. 눈을 어디로 가져가야 거울을 통해서 보는 두개의 광원이 한개의 광원으로 겹쳐보이겠는가?
5. 평면거울에 의한 영상과 물체와의 같은 점과 차이점은 무엇인가?

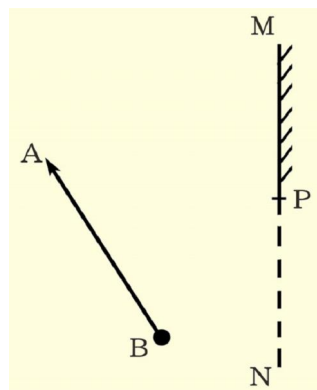
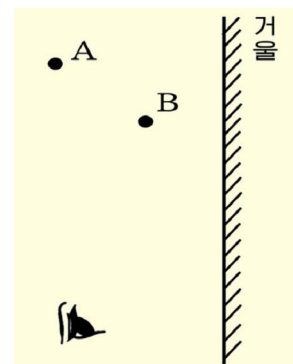



그림 5-22 그림 5-23

낮에는 창문유리로 밖의 모습만 잘 내다보이고 자기 모습은 잘 보이지 않지만 밤에는 유리창문에 캄캄한 밖은 보이지 않고 거울처럼 자기 모습만 잘 나타난다.(그림 5-24) 왜 그런가를 생각하여 보아라.

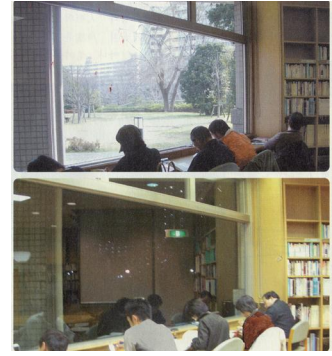



그림 5-24

제4절. 구면거울

손전지안에 있는 반사거울이나 자동차운전칸옆에 붙은 거울(후사경)의 면은 어떤 모양인가.(그림 5-25)

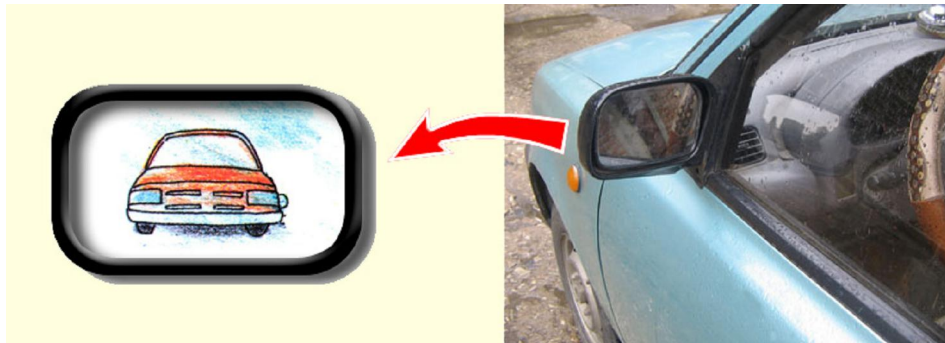



그림 5-25. 자동차의 후사경

구면거울과 초점

빛을 반사시키는 면이 매끈한 구면으로 된 거울을 **구면거울**이라고 부른다.

구면거울가운데서 빛을 반사시키는 구면이 오목하게 생긴 구면거울을 **오목거울**, 반사시키는 구면이 볼록하게 생긴 구면거울을 **볼록거울**이라고 부른다.

구면거울은 들어오는 빛선들을 어떻게 반사시키는가.

○ 평행빛을 오목거울에 약간 경사지게 비추고 비춤판을 옮겨가면서 반사빛을 살펴본다.

○ 평행빛을 볼록거울에 비추고 같은 실험을 한다.

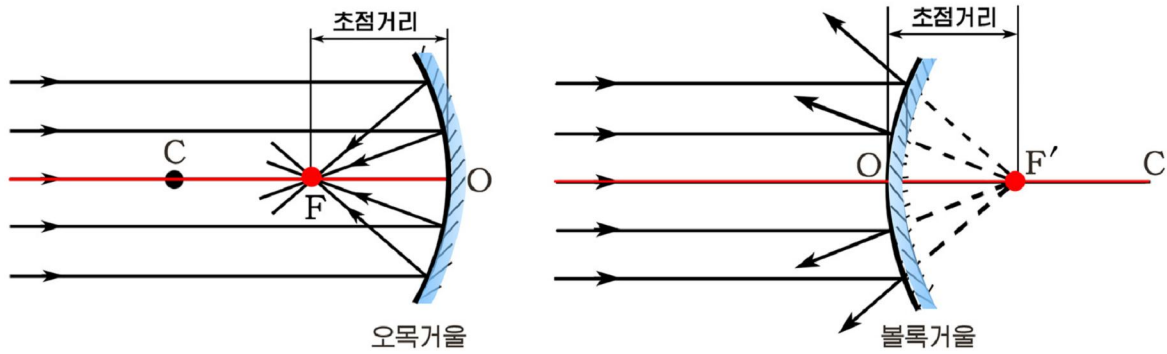



그림 5-26. 오목거울과 볼록거울

실험에서 볼수 있는것처럼 오목거울은 들어오는 평행빛을 반사시켜 한 점에 모으며 볼록거울은 들어오는 평행빛을 반사시켜 빛을 헤쳐지게 한다.(그림 5-26)

구면의 중심 C를 지나는 직선 CO를 구면거울의 **빛축**이라고 부른다.

빛축에 평행인 빛선들이 오목거울에서 반사하여 모여드는 점 F를 구면거울의 **실초점** 간단히 **초점**이라고 부르며 볼록거울에서 반사하여 헤쳐져나가는 빛선들의 연장선들이 사귀는 점 F′를 구면거울의 **허초점**이라고 부른다.

그리고 거울로부터 초점까지의 거리 OF= f 를 **초점거리**라고 부른다.

오목거울에 의한 영상

오목거울에 의한 영상은 어떻게 생기는가.

○ 오목거울앞에 초불이나 전등을 켜놓고 흐린 유리로 된 비춤판을 거울가까이로부터 멀리 옮겨가면서 영상을 찾아본다.(그림 5-27)

○ 전등을 거울쪽으로 조금씩 옮겨놓고 같은 실험을 한다.

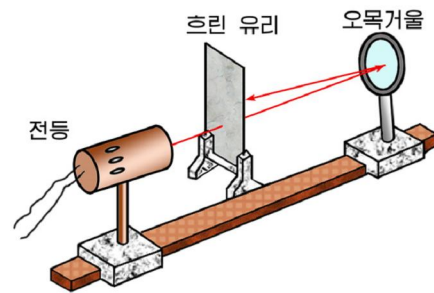



그림 5-27. 영상의 자리를 알아보는 실험

실험을 통하여 오목거울에서 반사된 빛선들은 서로 사귀여 영상을 만든다는것을 알수 있다.

구면거울에 의한 영상을 그리는데 쓰이는 빛선들은 다음과 같다.

첫째로, 빛축에 평행으로 들어가는 빛선은 구면에서 반사되여 언제나 초점을 지난

다.(그림 5-28의 ㄱ)

둘째로, 초점을 지나 들어가는 빛선은 구면에서 반사되여 언제나 빛축에 평행으로 나간다.(그림 5-28의 ㄴ)

셋째로, 구의 중심을 통과하여 들어가는 빛선은 구면에서 반사된 후 다시 구의 중심을 지난다.(그림 5-28의 ㄷ)

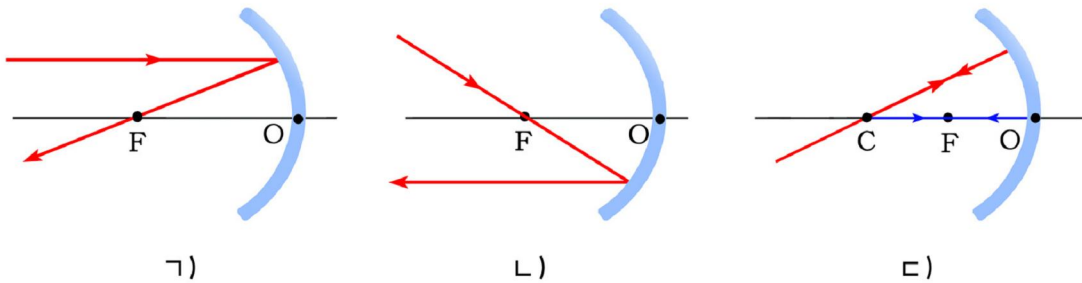



그림 5-28. 구면거울에 의한 영상을 그리는데 쓰이는 빛선

오목거울에서처럼 반사된 빛선들이 직접 사귀여 만들어지는 영상을 **실영상**이라고 부른다.

물체가 거울로부터 멀리 있을 때 생기는 영상은 거울가까이에 작게 맺히며 물체가 거울가까이에 갈수록 영상은 거울로부터 멀어지면서 점점 커진다.(그림 5-29의 ㄱ, ㄴ)

물체가 구면의 중심에 놓이면 영상은 물체의 크기와 같은 거꾸로 보이는 실영상으로 되며(그림 5-29의 ㄷ) 물체가 오목거울의 초점거리보다 가까운 자리에 놓이면 영상은 거울뒤에 있는 허영상으로 된다.(그림 5-29의 ㄹ)

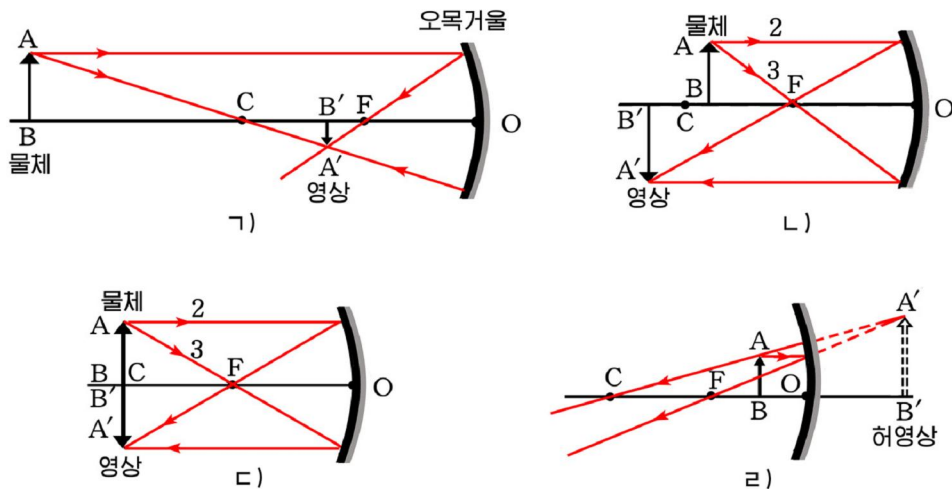



그림 5-29. 오목거울에 의한 영상

볼록거울에 의한 영상

볼록거울에 의한 영상은 어떻게 생기는가.

○ 그림 5-27과 같은 실험장치에서 오목거울대신 볼록거울로 바꾸어놓고 실험을 해본다.

○ 비춤판으로 실영상을 찾지 못하면 거울속을 들여다보면서 허영상을 찾아본다.

실험에서 보는것처럼 볼록거울에서 반사된 빛은 모이지 않고 다 헤쳐지므로 실영상을 맺을수 없다.

그러므로 반사되여나가는 빛선들을 거꾸로 연장하여 사귐점을 찾아 허영상을 얻는다.(그림 5-30)

그러므로 볼록거울에서는 허영상을 얻는다.

볼록거울에서는 언제나 작아진 허영상만 생긴다.

그림 5-30. 볼록거울에 의한 영상

오목거울이 빛을 모으는 성질을 리용하여 의사가 환자의 귀를 들여다볼수 있다.

오목거울에 들어온 평행빛선은 거울면에서 반사된 후 초점을 지나게 된다. 이 성질을 리용하여 태양열을 가마에 집중시켜 밥도 지을수 있다.(그림 5-31)

그림 5-31. 우리 나라에서 만든 오목거울을 리용한 태양열밥가마

반대로 오목거울의 초점에 전등을 놓고 켜면 거기에서 나온 빛선들이 거울에서 반사되여 평행으로 나간다.(그림 5-32)

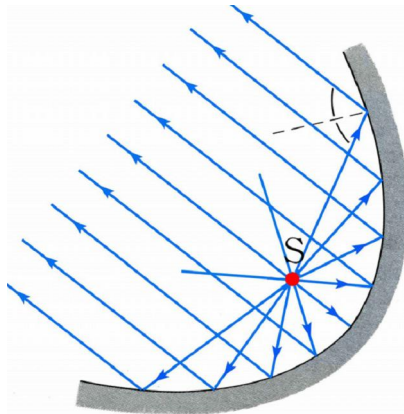



그림 5-32. 초점에서 나가는 빛은 거울에서 반사되여 평행으로 나간다

그림 5-33. 볼록거울의 리용

이 성질을 리용하여 손전지나 탐조등의 빛줄기를 멀리까지 보낼수 있다.

볼록거울로 자기 얼굴을 보면 얼굴이 작게 보인다. 볼록거울은 작은 거울면에 넓은 범위의 영상을 비쳐볼수 있게 하므로 자동차의 후사경으로 리용한다.(그림 5-33)

생각하기 구면거울의 초점거리는 구면반경의 절반과 같다는것을 그림 5-34를 리용하여 공식으로 유도해보아라. 그림에서 △CBF는 2등변3각형이라는것을 참고하여라.

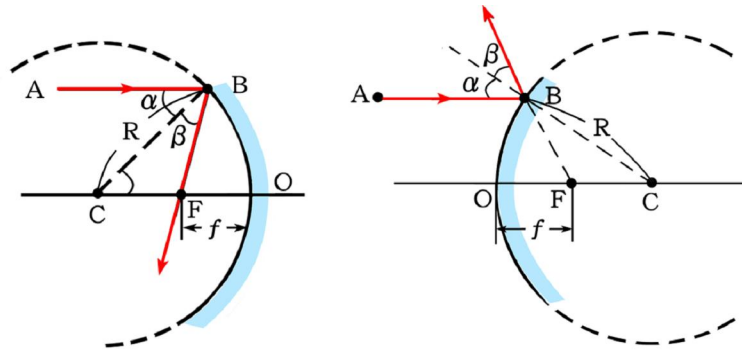



그림 5-34. 구면거울에서 초점거리와 반경사이관계

1. 손전등에서 빛이 멀리까지 나갈수 있게 하려면 작은 전등이 어느 자리에 놓여야 하는가?
2. 자동차운전칸 량옆에는 볼록거울(후사경)을 달아놓는다. 왜 볼록거울을 리용하겠는가?
3. 초점거리가 10cm인 오목거울로부터 40cm 거리에 물체가 있다. 이 오목거울의 반경과 영상까지의 거리를 구하여라.
4. 오목거울의 초점거리의 2배 되는 자리에 물체 AB를 놓았다. 어떤 영상이 어디에 생기겠는가?(그림 5-29의 ㄷ)

제5절. 빛의 굴절

물속에 잠긴 연필이나 노를 보면 물에 잠긴 부분이 꺾이여보이고 강물의 깊이도 실지보다 얕아보인다.(그림 5-35)

왜 그런가.

그림 5-35. 굴절현상

빛의 굴절현상

그림 5-36과 같이 유리면에 빛을 비추면 공기와 유리의 경계면에서 일부는 반사되여 공기속으로 되돌아나오고 나머지는 유리속으로 꺾이여 들어간다.

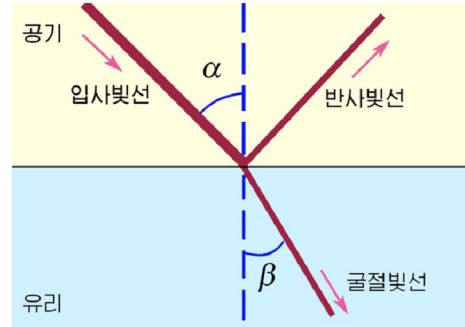
유리대신 물면에 빛을 비추어도 같은 결과가 나타난다.

즉 공기속에서 직진하던 빛이 물이나 유리와 같은 다른 물질을 만나면 그 경계면에서 일부는 반사되고 나머지는 경계면을 지나 둘째 물질로 들어가면서 방향을 바꾼다.

그림 5-36. 빛의 반사와 굴절

이와 같이 빛이 서로 다른 두 물질의 경계면을 지날 때 전파방향이 꺾이여 들어가는 현상을 **빛의 굴절**이라고 부른다.

이때 방향을 바꾸어 둘째 물질속으로 들어가는 빛선을 **굴절빛선**이라고 부른다.

경계면에 수직인 선과 굴절빛선이 이루는 각을 **굴절각**이라고 부른다.

빛의 굴절현상의 특징

그러면 빛의 굴절현상은 어떤 법칙성에 따라 일어나는가.

실험

○ 빛의 굴절실험기구로 빛을 공기로부터 유리로 들여보내고 입사각을 15°, 30°, 45°, 60°로 변화시키면서 굴절각이 어떻게 변하는가를 본다. 굴절각이 입사각보다 작으며 입사각이 커지면 굴절각도 커진다.

○ 빛을 유리로부터 공기로 들여보내고 입사각을 10°, 28°, 35°로 변화시키면서 같은 실험을 한다.(그림 5-37) 굴절각이 입사각보다 크며 역시 입사각이 커지면 굴절각도 커진다.

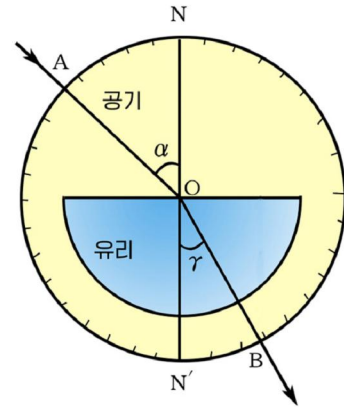



그림 5-37. 빛의 굴절실험

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

첫째로, 입사각 α가 커질수록 굴절각 γ도 커진다.

둘째로, 빛이 공기에서 유리로 들어갈 때에는 굴절각이 입사각보다 작아지며 굴절빛선이 수직선에 더 가까와진다. 반대로 빛이 유리로부터 공기로 들어갈 때에는 굴절각이 입사각보다 커져서 굴절빛선이 수직선으로부터 더 멀어진다.

셋째로, 빛이 굴절되는 정도는 둘째 물질의 종류에 따라 달라진다.

물에 잠긴 물체가 떠올라와 있는것처럼 보이는 리유는 무엇인가.

우리가 물속의 물체를 보는것은 그 물체에서 반사된 빛이 물을 거쳐 나오다가 물면에서 굴절되여 우리 눈에 들어오기때문이다. 즉 물속에서 나온 빛은 우리 눈으로 곧추 오는것이 아니라 물면에서 굴절되여오게 된다.

그런데 빛이 물에서 공기로 나올 때에는 굴절각이 입사각보다 크다.

따라서 물속의 물체(물고기) AB에서 나와 눈에 들어오는 두 빛선은 그것을 거꾸로 연장한 A′B′에서 곧추 오는것처럼 느끼게 된다.(그림 5-38) 즉 물체 AB가 떠올라와 있는것처럼 보인다.

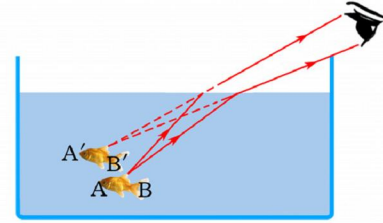



그림 5-38. 물속에 있는 물체가 떠올라와 있는것처럼 보이는 리유

참고 두꺼운 유리로 물체를 볼 때 왜 어긋나게 보이는가

그림 5-39와 같이 두꺼운 유리를 통하여 초불을 보면 보는 자리에 따라 초불이 어긋나게 보인다. 왜 그런가.

초불에서 나오는 빛은 우리 눈에 들어오기까지 두꺼운 유리에서 두번 굴절된다. 첫째 경계면에서 즉 공기로부터 유리로 빛이 들어갈 때 굴절각 γ_1가 입사각 α_1보다 작아지며 둘째 경계면 즉 유리로부터 공기로 빛이 나갈 때에는 굴절각 γ_2이 입사각 α_2보다 커진다.

따라서 사람의 눈은 초불 AB에서 나온 빛을 CD를 거꾸로 연장한 A′B′점에서 나온것으로 느끼게 된다.(그림 5-40)

그러므로 초불이 실지 자리에서 어긋난 자리에 있는것처럼 보인다.

유리대신 물로 해보아도 같은 결과를 얻는다.

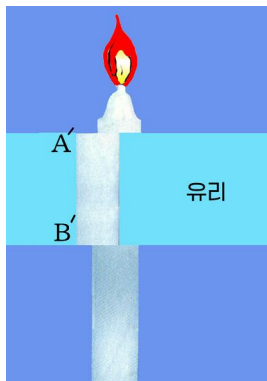



그림 5-39. 어긋나게 보이는 초불

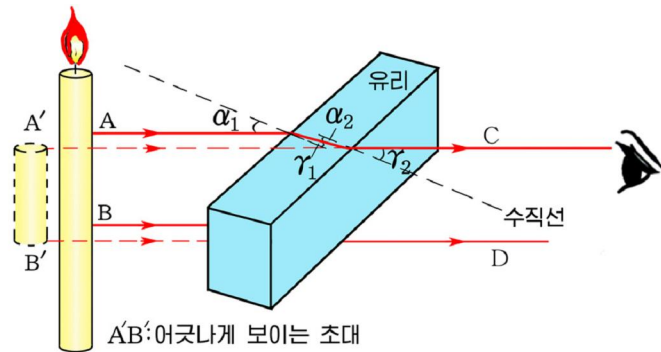



그림 5-40. 초불이 어긋나게 보이는 리유

문 제

1. 입사각이 령일 때 반사각과 굴절각은 얼마인가?
2. 사기고뿌안에 철로 만든 단추를 넣고 옆에서 보면 단추가 보이지 않는다. 그러나 고뿌에 물을 부으면 보이지 않던 단추가 보이게 된다.(그림 5-41) 그 리유를 설명하여라.
3. 물걸면에 잔잔한 물결이 일 때 물속에 있는 물체들이 흔들리는것처럼 보인다. 왜 그런가?

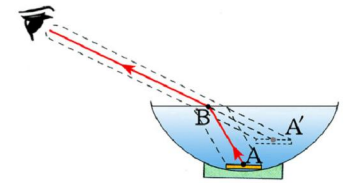



그림 5-41

제6절. 프리즘과 렌즈

프리즘에서의 빛의 굴절

빛을 굴절시켜 전파방향을 변화시키기 위하여 프리즘을 쓴다.

유리나 수정과 같은 투명체를 매끈하게 갈아서 각기둥모양으로 만든것을 **프리즘**이라고 부른다. 보통 3각기둥으로 된 3각프리즘을 많이 쓴다.

※ 프리즘에서 빛이 들어오는 면과 나가는 면이 이루는 각을 **정각**이라고 부른다.

3각프리즘에서 빛이 어떻게 굴절되는가.

프리즘의 정각이 우로 올라가게 하고 프리즘을 통하여 물체를 보면 물체가 우에 떠있는것처럼 보인다.(그림 5-42)

반대로 정각이 아래로 가게 하고 프리즘을 통하여 물체를 보면 물체가 아래로 내려와있는것처럼 보인다.

그림 5-42. 프리즘으로 물체보기

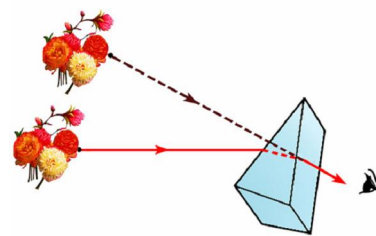
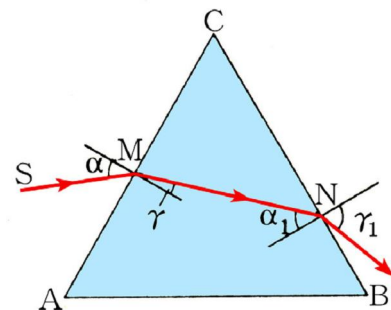
왜 그렇게 보이는가.

빛이 프리즘에 이르면 첫 경계면을 지나 유리로 들어가면서 굴절각이 입사각보다 작아지는쪽으로 굴절한다. 유리속을 지나 다른 경계면에 이른 빛은 공기로 나오면서 굴절각이 입사각보다 커지는쪽으로 굴절한다.

그리하여 빛은 프리즘의 두터운쪽으로 항상 기울어지게 된다.(그림 5-43)

그림 5-43. 프리즘에서의 빛의 굴절

실험에 의하면 정각이 클수록 프리즘을 지나는 빛은 더 세게 굴절한다.

즉 <u>프리즘에서 빛은 두터운쪽으로 굴절한다. 정각이 클수록 더 세게 굴절한다.</u>

렌즈와 그의 작용

안경이나 확대경, 현미경, 망원경, 사진기와 같은 광학기구들에는 렌즈가 들어있다.

렌즈란 무엇인가.

유리와 같이 빛을 잘 통과시키는 투명체를 잘 갈아 두 겉면이 다 매끈한 구면이거나 한쪽 겉면이 평면이 되게 만든것을 **렌즈**라고 부른다.

렌즈에는 가운데가 변두리보다 두터운 **볼록렌즈**와 반대로 가운데가 변두리보다 얇은 **오목렌즈**가 있다.(그림 5-44)

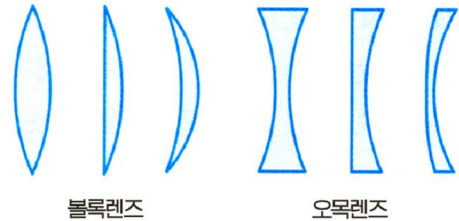



그림 5-44. 렌즈의 종류

렌즈에서 두 겉면의 구면중심을 이은 직선을 **렌즈의 빛축**이라고 부른다.(그림 5-45)

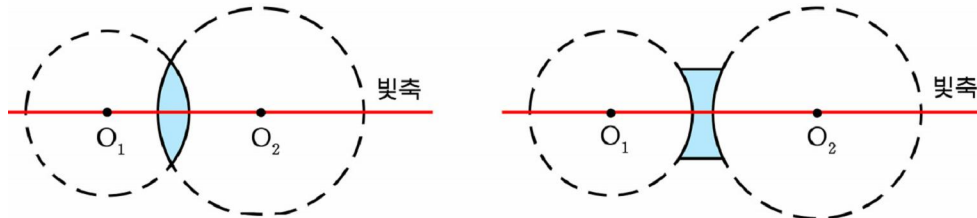



그림 5-45. 렌즈의 빛축

그러면 렌즈에서 빛선은 어떻게 굴절되는가.

○ 볼록렌즈에 해빛을 쪼이고 비춤판을 렌즈로부터 점점 멀어지게 하면서 영상의 크기를 본다. 비춤판에 생긴 밝은 부분이 점점 작아지다가 어떤 거리에서 제일 작아지며 다시 커지기 시작한다.(그림 5-46)

○ 오목렌즈로 같은 실험을 해본다. 오목렌즈에서는 비춤판이 멀어질수록 렌즈를 지난 빛이 비쳐지는 부분이 커지면서 밝기가 약해진다.

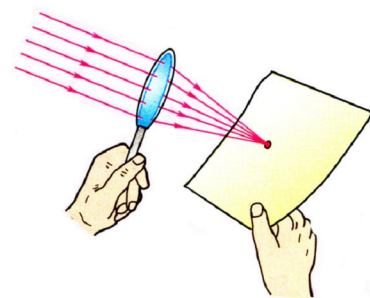



그림 5-46. 볼록렌즈의 작용

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

볼록렌즈는 빛을 한점에 모아주며 오목렌즈는 빛을 헤쳐준다. 그러므로 볼록렌즈를 **수렴렌즈**, 오목렌즈를 **발산렌즈**라고도 부른다.

렌즈는 왜 빛을 모으거나 헤쳐지게 하는가.

렌즈는 그림 5-47처럼 정각이 다른 수많은 프리즘들의 모임으로 볼수 있다.

프리즘에서 빛이 두터운쪽으로 기울어지고 또 정각이 클수록 세게 기울어진다는것을 생각하면 볼록렌즈에서는 빛을 두터운 중심쪽으로 모아주며 오목렌즈에서는 그와 반대로 빛을 헤쳐지게 한다는것을 알수 있다.

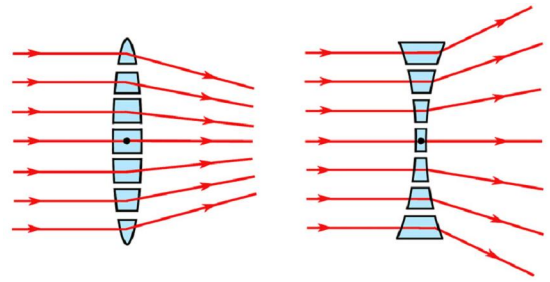



그림 5-47. 프리즘들의 모임으로서의 렌즈

렌즈의 초점

볼록렌즈의 빛축에 평행인 빛을 비추었을 때 렌즈를 지난 다음 빛축우에서 모이는 점을 렌즈의 **초점**이라고 부른다.(그림 5-48)

렌즈의 중심으로부터 초점까지의 거리를 렌즈의 **초점거리**라고 부른다.(그림 5-49의 ㄱ)

오목렌즈의 빛축에 평행인 빛을 비추면 렌즈를 지난 다음 빛이 헤쳐진다. 이 헤쳐진 빛선들을 반대쪽으로 연장하면 빛축우의 한 점에서 사귀는데 이 점이 오목렌즈의 초점이다.(그림 5-49의 ㄴ)

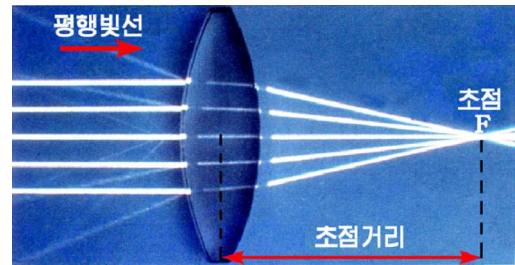



그림 5-48. 볼록렌즈의 초점

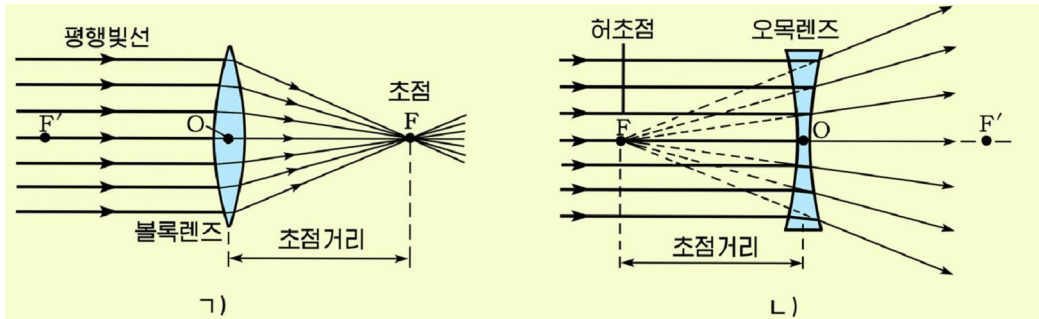



그림 5-49. 렌즈의 초점, 초점거리

오목렌즈의 초점은 빛이 실지로 모여드는 점이 아니고 렌즈를 지나는 빛선들이 마치도 이 점에서 퍼져나가는것처럼 보이는 점이다.

그러므로 오목렌즈의 초점을 **허초점**이라고 부른다.

볼록렌즈나 오목렌즈는 다 앞뒤의 같은 거리에 초점이 있다. 들어가는 빛선을 기준으로 하여 이것을 각각 **앞초점**, **뒤초점**이라고도 부른다.

문 제

1. 할아버지들이 흔히 쓰는 돋보기안경도 렌즈로 되여있다. 이 돋보기안경알이 볼록렌즈인가, 오목렌즈인가? 이것을 어떻게 알수 있는가?

2. 두개의 볼록렌즈가 나란히 있는데 첫째 렌즈의 뒤초점 F_1와 둘째 렌즈의 앞초점 F_2이 한 점에 있다. 여기에 빛선 AB가 빛축에 평행으로 들어가면 빛이 어떻게 렌즈들을 지나오겠는가?(그림 5-50)

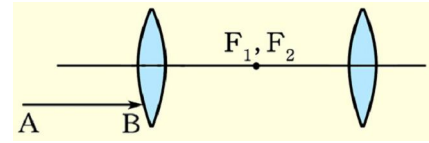



그림 5-50

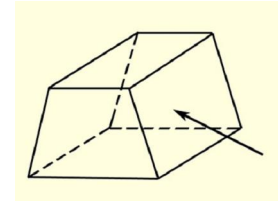
3. 초점에 점광원을 놓으면 이로부터 나오는 빛선들이 볼록렌즈를 지난 다음 어떻게 나가겠는가? 그림을 그려보고 왜 그런가를 밝히여라.

4. 앞뒤면이 제형인 4각기둥모양의 프리즘의 옆면으로 빛을 들여보내면 굴절되여 나오는 빛선은 어느쪽으로 기울어지겠는가? 그림으로 그려보아라.(그림 5-51)

그림 5-51

제7절. 렌즈에 의한 영상

영사막에 나오는 환등화면이나 영화화면은 환등기나 영사기에 있는 렌즈가 맺는 필림의 영상이다. 영상이란 무엇이며 어떻게 맺히는가.

렌즈에 의한 물체의 영상

렌즈에 의하여 물체의 영상이 어떻게 생기는가.

○ 광학대우에 작은 전등 3개를 설치한 광원대, 렌즈, 비춤판을 차례로 세운다. 광원대와 렌즈사이거리를 렌즈의 초점거리보다 멀게 한다.(그림 5-52)

○ 가운데전등 B에 불을 켜고 비춤판을 렌즈가까이로부터 점점 멀리로 옮기면서 비춤판에 떨어지는 빛이 어떻게 변하는가를 본다.

○ 빛이 모여 가장 밝아지는 자리 B′를 찾아 비춤판을 세운다. 작은 전등 B에서 나온 빛은 볼록렌즈에 의해 B′에 모였다가 다시 헤쳐진다. 작은 전등이 매우 작아서 점으로 된다면 B′점도 점으로 된다.

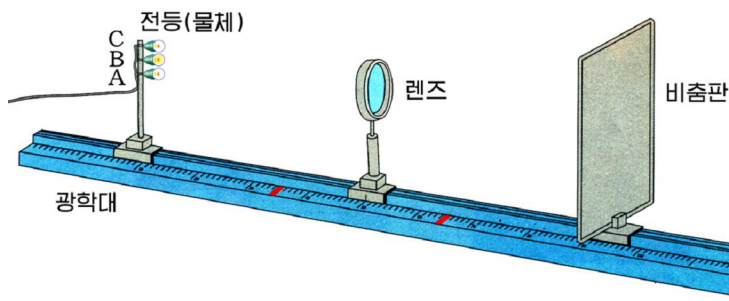



그림 5-52. 렌즈에 의한 영상점얻기실험

실험에서처럼 물체의 한 점에서 나온 빛이 렌즈를 거쳐 다시 사귀는 점을 **영상점**이라고 부른다.

작은 전등 A와 C를 차례로 켜고 비춤판에 무엇이 나타나는가를 본다. B의 영상점이 맺히는것처럼 작은 전등 A와 C의 영상점 A′, C′들도 맺힌다.(그림 5-53)

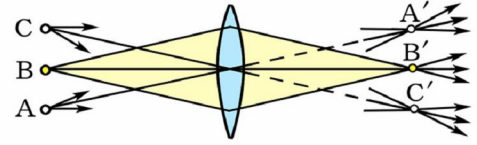



그림 5-53. 영상점과 물체의 영상

빛을 내는 물체가 렌즈앞에 있으면 그 물체의 매개 점들로부터 나오는 빛들이 각각 영상점을 맺는다. 이 영상점들의 모임을 물체의 **영상**이라고 부른다.

렌즈에 의한 영상을 어떻게 그리겠는가.

물체의 영상점의 자리는 물체의 한 점에서 나오는 무수히 많은 빛선들을 다 찾아그리기 곤난하므로 다음과 같은 대표적인 세개의 빛선을 찾아서 그린다.(그림 5-54)

첫째로, 렌즈의 빛축에 평행으로 들어가 렌즈를 지난 다음 렌즈의 뒤초점을 지나는 빛선(그림 ㄱ)

둘째로, 렌즈의 중심을 향하여 들어가서 방향을 바꾸지 않고 곧추 지나가는 빛선(그림 ㄴ)

셋째로, 렌즈의 앞초점을 거쳐 들어가 렌즈를 지난 다음 렌즈의 빛축에 평행으로 나가는 빛선(그림 ㄷ)

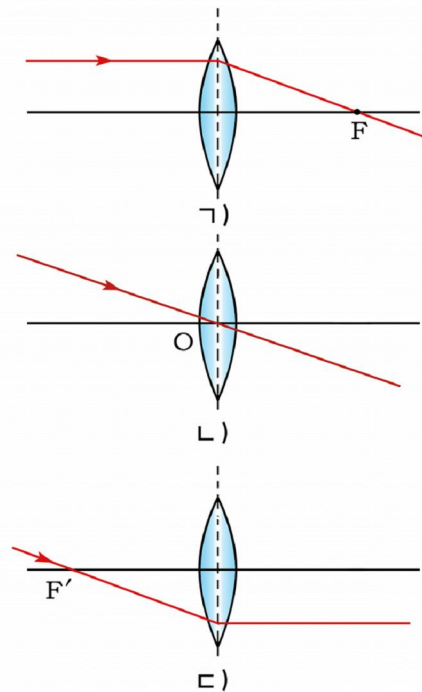



그림 5-54. 영상그리기에 쓰이는 빛선들

물체의 영상은 영상점들로 이루어지므로 물체의 두 끝점의 영상점들을 찾아내여 맺으면 된다.

볼록렌즈에 의한 영상

볼록렌즈에 의한 영상을 그려보자.

먼저 물체의 A점에서 나가는 대표적인 세개의 빛선들중 두개의 빛선만 그려 그 사귐점을 찾아 영상점 A′를 찾는다.

다음 물체의 B점에서 나가는 대표적인 빛선 두개를 그려 그 사귐점을 찾으면 그것이 바로 B점의 영상점 B′이다.

이렇게 얻은 두 영상점 A′와 B′점을 맺으면 그것이 바로 물체 AB의 영상

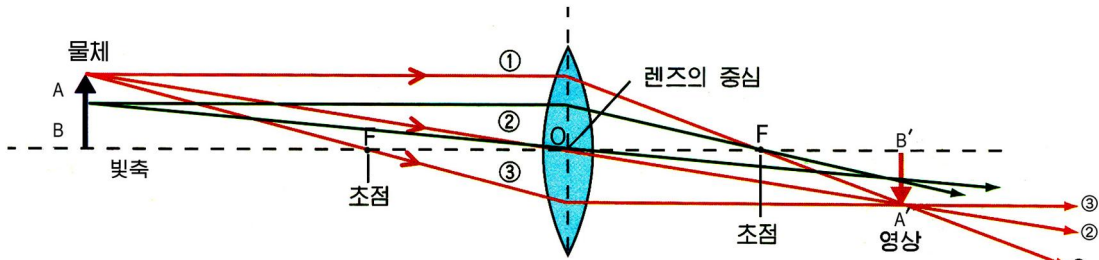
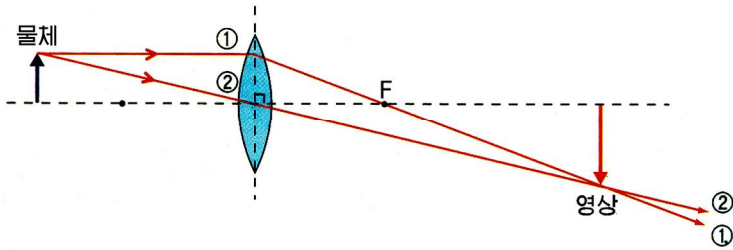
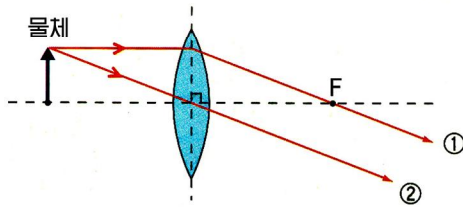
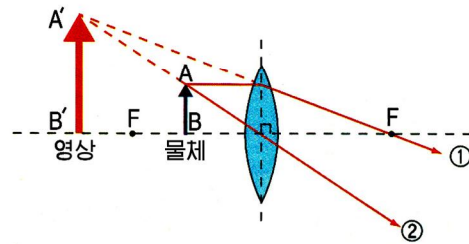
A′B′로 된다. (그림 5-55)

ㄱ) 물체가 초점거리의 2배보다 바깥쪽에 있는 경우 (축소된 거꾸로 선 영상)

ㄴ) 물체가 초점과 초점거리의 2배사이에 있는 경우 (확대된 거꾸로 선 영상)

ㄷ) 물체가 초점에 있는 경우 (영상이 맺히지 못한다)

ㄹ) 물체가 초점보다 안쪽에 있는 경우 (확대된 영상이 렌즈를 통해 보인다)

그림 5-55. 볼록렌즈에 의한 영상그리기

※ 영상그리기를 할 때 두 영상점을 다 찾지 않고 A점의 영상점 A′만 찾고 그림에서 빛축에 수직선을 긋는 방법으로도 할수 있다.

물체가 볼록렌즈의 초점밖에 있으면 렌즈를 지난 빛이 실제로 비춤판우에 영상을 만든다. 즉 빛선들이 퍼져나가다가 직접 사귀여 얻어지는 영상 (그림 5-55의 ㄱ, ㄴ)을 **실영상**이라고 부른다.

그러나 물체가 볼록렌즈의 초점안쪽에 있으면 렌즈를 지난 빛이 비춤판에 영상을 만들지 못한다.(그림 5-55의 ㄷ) 즉 빛선들이 퍼져나가는 길에서 직접 사귀지 못한다. 이때는 빛선들을 반대로 연장하여 사귀는 점을 찾을수 있으며 이렇게 얻어지는 영상(그림 5-55의 ㄹ)을 **허영상**이라고 부른다.

오목렌즈에 의한 영상

오목렌즈에 의한 영상도 볼록렌즈에서와 같이 그릴수 있다.(그림 5-56)

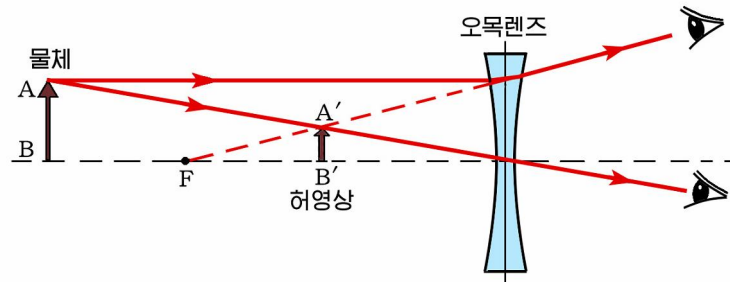



그림 5-56. 오목렌즈에 의한 영상

오목렌즈는 빛을 헤쳐지게만 하므로 실영상을 맺지 못하고 허영상만을 맺는다. 오목렌즈는 오직 바로선 축소된 허영상만을 만든다.

문 제

1. 그림 5-55를 보고 다음 표의 빈 칸에 알맞는것을 써넣으라.

구 분	렌즈로부터 물체까지의 거리(a)	렌즈로부터 영상까지의 거리(b)	물체에 대한 영상의 방향	실영상 또는 허영상
ㄱ	$a>2f$			
ㄴ	$2f>a>f$			
ㄷ	$a=f$			
ㄹ	$a<f$			

2. 평면거울에 의한 영상은 실영상인가, 허영상인가? 왜 그런가?
3. 렌즈의 직경을 크게 하면 물체의 영상이 더 밝아진다. 왜 그런가?
4. 그림 5-57에서 화살 AB의 영상을 그려라.

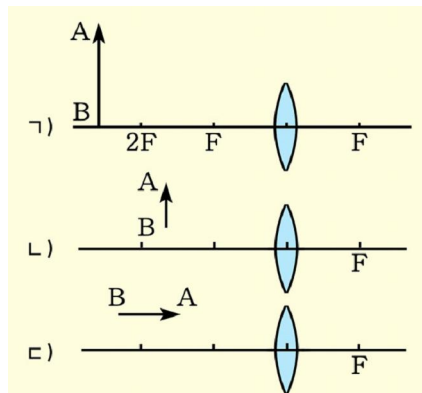



그림 5-57

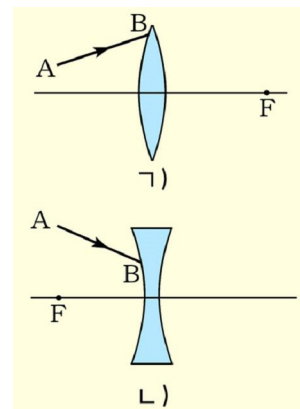



그림 5-58

5. 그림 5-58에 표시된 빛선 AB가 렌즈에서 굴절한 후 어느 방향으로 나가겠는가?

제8절. 렌즈의 공식

렌즈의 공식

렌즈와 물체사이의 거리와 렌즈와 영상사이의 거리사이에는 어떤 관계가 있는가.
렌즈와 물체사이거리를 a, 렌즈와 영상사이거리를 b로 표시한다.

○ 광학대우에 작은 전등을 켠 광원대, 볼록렌즈, 비춤판을 설치한다.(그림 5-59)

○ 렌즈와 물체사이의 거리 a가 $1.2f$, $1.5f$, $2f$, $3f$로 되게 하고 비춤판을 옮겨 거기에 작은 전등의 똑똑한 영상이 맺게 한다.

○ 매번 렌즈와 영상사이의 거리 b를 잰다.

○ 표에 a, $\frac{1}{a}$, b, $\frac{1}{b}$, $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$를 적어넣는다.

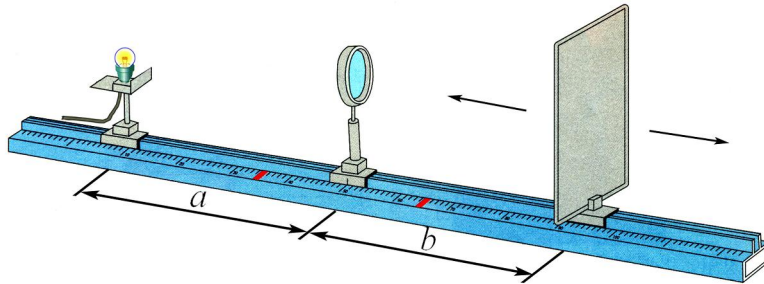



그림 5-59. 렌즈의 공식을 얻기 위한 실험장치

초점거리가 $f=10\text{cm}\left(\frac{1}{f}=0.1\ \text{cm}^{-1}\right)$인 볼록렌즈에서 렌즈로부터 물체까지 거리 a와 영상까지의 거리 b사이의 관계는 다음 표와 같다.

a [cm]	$\frac{1}{a}$ [cm^{-1}]	b [cm]	$\frac{1}{b}$ [cm^{-1}]	$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$ [cm^{-1}]	$\frac{1}{f}$ [cm^{-1}]
12	0.083	60	0.017	0.1	0.1
15	0.067	30	0.033	0.1	0.1
20	0.05	20	0.05	0.1	0.1
30	0.033	15	0.067	0.1	0.1
60	0.017	12	0.083	0.1	0.1

실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

렌즈로부터 물체까지의 거리 a가 변할 때 영상이 이동하여 렌즈로부터 영상까지의 거리 b도 변한다. 그러나 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$은 일정하여 언제나 $\frac{1}{f}$과 같다.

$$\frac{1}{\text{렌즈와 물체사이 거리}}+\frac{1}{\text{렌즈와 영상사이 거리}}=\frac{1}{\text{초점거리}}$$

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$$

이 공식은 볼록렌즈에 의한 실험으로 얻은것이지만 오목렌즈에 대해서도 쓸수 있다.

볼록렌즈의 초점거리는 +로, 오목렌즈의 초점거리는 −로 쓴다.

이 공식을 리용하여 b를 계산한 값이 +이면 이때 생기는 영상은 실영상이고 b값이 −이면 영상은 물체쪽에 놓이는 허영상으로 된다.

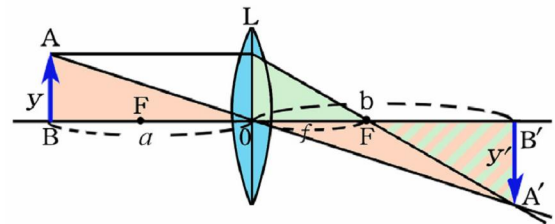
※ 렌즈의 세기란 초점거리의 거꿀수 즉 $\frac{1}{f}=D$를 말한다.

영상의 배률

렌즈에 의한 물체의 영상 A′B′가 물체 AB의 몇배나 되는가를 표시하기 위하여 배률이라는 말을 쓴다.

즉 물체의 크기 y (AB)에 대한 영상의 크기 y' (A′B′)의 비를 **영상의 배률** 또는 **선배률**이라고 부른다.

그림 5-60. 영상의 배률

그림 5-60에서 보는것처럼 영상의 배률은 다음과 같이 표시할수 있다.

$$N=\frac{y'}{y}=\frac{b}{a}$$

$$\text{배률}=\frac{\text{영상의 크기}}{\text{물체의 크기}}=\frac{\text{렌즈와 영상사이의 거리}}{\text{렌즈와 물체사이의 거리}}$$

$$N=\frac{S'}{S}=\frac{b}{a}$$

문 제

1. 초점거리가 8cm인 볼록렌즈와 오목렌즈앞에 각각 12cm 되는 곳에 높이가 10m인 물체가 있다. 두 경우에 영상은 어디에 있는 어떤 영상이며 그 크기는 얼마인가? 렌즈의 공식과 영상그리기방법을 써서 풀어보아라.
2. f=10cm인 렌즈로부터 8cm앞에 있는 물체의 영상을 구하여라.
3. 그림 5-60을 보고 렌즈의 공식을 유도하여보아라.

제9절. 눈과 안경

눈

사람에게 있어서 눈은 대단히 중요하다.

눈이 있음으로 하여 우리 둘레에서 일어나는 모든 사물현상을 볼수 있고 모든 활동을 진행한다.

그러면 눈이 어떻게 되여 모든 사물현상을 볼수 있게 하는가.

그림 5-61에서 보는것처럼 눈의 구조는 크게 렌즈와 같은 역할을 하는 **수정체**, **각막**을 거쳐 들어온 물체의 영상이 맺히는 **망막**, 눈에 들어오는 빛량을 조절하는 **홍채**가 있고 망막뒤에는 **시신경**이 있으며 시신경은 뇌수와 련결되여있다.

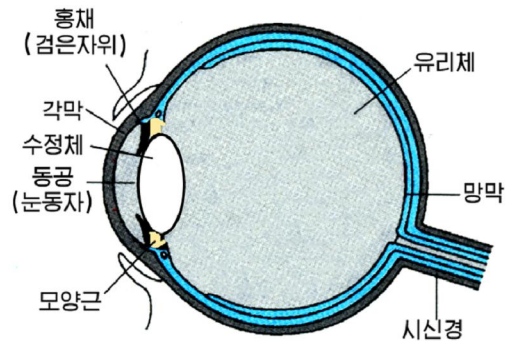
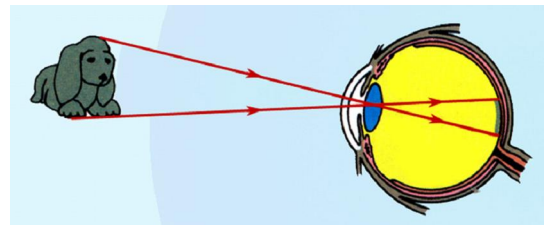



그림 5-61. 눈의 구조

물체로부터 반사되여온 빛은 **눈동자**로 들어와 수정체에 의하여 모이면서 망막우에 거꾸로 된 물체의 실영상을 맺는다.(그림 5-62)

그림 5-62. 눈에 영상이 생기는 과정

망막에 떨어진 영상을 나타내는 빛이 빛수감요소를 자극하고 그것이 시신경을 거쳐 뇌수에 전달되여 분석하고 판단하는 과정이 곧 보는 과정이다.

물체가 똑똑히 보이려면 망막에 명확한 영상이 맺혀야 한다.

눈으로 멀고 가까운 물체를 똑똑히 볼수 있는것은 무엇때문인가.

멀고 가까운 물체들의 영상이 망막에 정확히 맺히도록 하는데서 기본역할을 하는것은 수정체와 모양근이다.

멀고 가까운 거리에 있는 물체들의 명확한 영상이 망막에 맺히려면 그에 맞게

눈의 초점거리가 변해야 하는데 이것은 수정체둘레의 근육 즉 모양근에 의해 조절된다.(그림 5-63)

그림 5-63. 모양근은 수정체를 조절한다

모양근은 물체의 멀고 가까운 거리에 따라 렌즈의 역할을 하는 수정체를 얇게 또는 두껍게 조절하여 물체의 명확한 영상이 망막에 맺히게 한다.

이러한 눈의 조절에도 한계가 있다.

수정체가 가장 최대로 볼록해지면서 명확히 볼수 있는 가장 가까운 점을 눈의 **근점**이라고 부른다.(그림 5-64의 ㄱ)

그림 5-64. 근점과 원점

또한 수정체가 가장 얇은 모양으로 되여 물체가 명백하게 보이는 먼 점을 **원점**이라고 부른다. 정상인 눈의 원점은 무한히 먼곳에 있다.(그림 5-64의 ㄴ)

흔히 눈의 근점은 눈으로부터 물체까지의 거리로서 10cm이다.

정상적인 눈은 눈으로부터 25cm에 있는 물체를 볼 때 피곤을 느끼지 않고 정확히 볼수 있는데 이 거리를 **잘보임거리**라고 부른다.

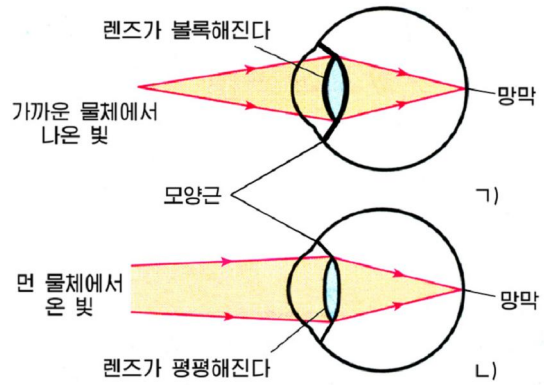
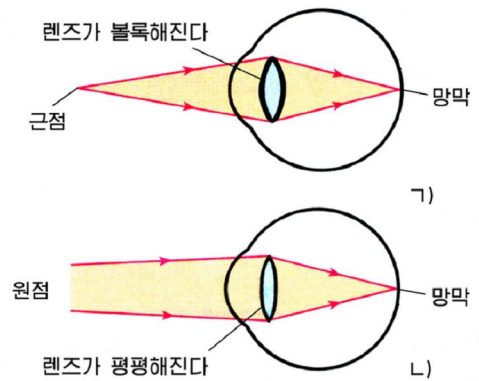
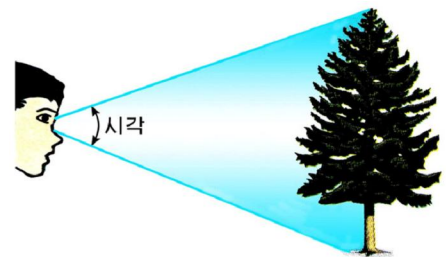
사람의 눈은 망막에 맺힌 영상이 사라진 다음에도 약 0.1s동안 물체가 있는것처럼 느껴진다. 이것을 **잔상**이라고 부른다. 그러므로 0.1s보다 더 짧은 시간동안에 생기는 변화는 가려보지 못한다.

❓ 우리 눈에 물체가 크게 또는 작게 보이게 되는것은 무엇때문인가.

우리 눈에 물체가 얼마나 크게 또는 작게 보이는가 하는것은 망막에 맺힌 영상의 크기에 관계된다.

이 영상의 크기는 물체의 두 끝점에서 눈의 중심으로 오는 빛선사이의 각 α에 의하여 결정되는데 이 각을 **시각**이라고 부른다.(그림 5-65)

그림 5-65. 시 각

물체가 클수록 그리고 물체가 가까울수록 시각이 커서 망막에 맺힌 영상이 크며 물체가 크게 보인다. 물체가 작거나 멀리 있으면 시각이 작아서 망막에 맺힌 영상도 작고 물체도 작게 보인다.

사람이 물체앞으로 점점 다가가면 그의 원래 크기는 변하지 않는데 영상을 보는 시각이 커지므로 영상이 점점 더 커지는것으로 느껴진다. (그림 5-66)

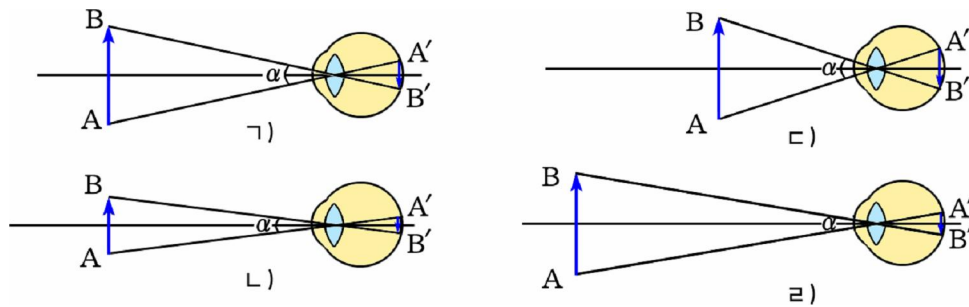



그림 5-66. 시각에 따라 망막에 맺히는 영상의 크기가 다르다

근시와 원시

눈은 초점거리를 변화시키는 방법으로 멀고 가까운 물체를 보게 되여있다.

정상적인 눈으로 가까운 물체를 볼 때에는 모양근이 수정체테두리를 조여 볼록하게 만든다. 그러면 수정체의 초점거리가 짧아져서 가까운 거리에 있는 물체의 영상이 망막에 맺힌다.

또한 멀리 있는 물체를 볼 때에는 모양근이 수정체를 늘여놓아 수정체가 평평해지고 초점거리는 길어져서 먼 물체의 영상이 망막에 맺힌다.

이런 조작이 잘 안되는 눈도 있다.

어떤 사람은 가까이만 잘 보고 멀리는 잘 보지 못하는데 이것을 **근시**라고 부른다. (그림 5-67의 ㄱ) 근시안은 정상눈보다 먼곳에 있는 물체의 영상을 망막앞에 맺으므로 오목렌즈를 안경으로 쓰면 먼 물체를 볼수 있다. (그림 5-67의 ㄴ)

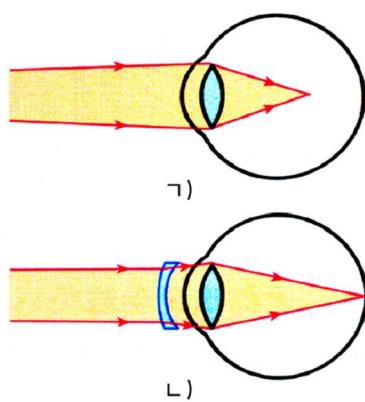



그림 5-67. 근시와 근시안경

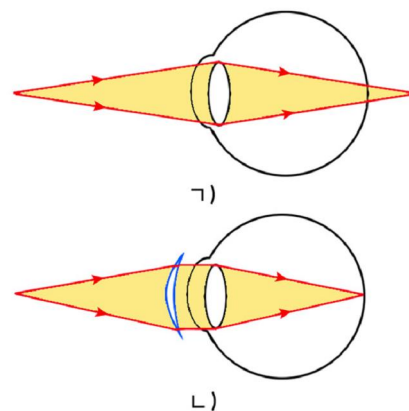



그림 5-68. 원시와 원시안경

어떤 사람(주로 나이가 많은 사람)은 멀리는 보지만 가까이에 있는 물건을 잘 보지 못하는데 이것을 **원시**라고 부른다. 원시눈은 가까운 물체의 영상이 망막뒤에 맺힌다. (그림 5-68의 ㄱ)

이때에는 볼록렌즈를 안경으로 쓰면 가까운 물체를 잘 볼수 있다.(그림 5-68의 ㄴ)

근시는 주로 청소년시기에 생길수 있다.

그러므로 이 시기에 근시를 막기 위하여 주의해야 한다.(그림 5-69)

옳음 틀림

그림 5-69. 책보기자세

문 제

1. 눈이 좋은 사람이 안경을 쓰면 잘 보이지 않는다. 왜 그런가?
2. 밝은데 있다가 갑자기 어두운데 들어가면 한참만에야 둘레에 있는 물체들을 알아볼수 있다. 왜 그런가?
3. 돋보기를 낀 할아버지가 책을 보다가 먼곳을 볼 때는 안경너머로 보군 한다. 왜 그런가?

참고 로 안

사람들이 늙어서 눈의 조절작용이 약해진 눈을 **로안**이라고 부른다. 로안은 멀리 있는 물체는 제대로 보지만 가까운 물체는 잘 보지 못한다.

그러므로 가까운 물체를 볼 때에는 볼록렌즈로 된 돋보기안경을 낀다.

돋보기안경을 끼면 가까운데는 잘 보지만 먼데는 잘 보지 못한다.

그러므로 늙은 사람들은 책을 읽거나 글을 쓸 때에는 돋보기안경을 끼지만 먼데를 볼 때에는 안경을 벗고 맨눈으로 본다.

제10절. 사진기와 투영기

사진기

력사적으로 의의있는 사변들은 사진을 찍어 필림에 기록해두었다가 영화로 되살린다. 또한 가정에서 사진첩을 펼쳐보면서 부모, 형제들과 친척들, 동무들의 사진을 보면서 지난날을 추억하게 된다.

사진기는 볼록렌즈로 멀리 있는 물체의 축소된 실영상을 얻어 필림에 기록하는 기구이다.(그림 5-70)

그림 5-70. 사진기

사진기는 크게 두 부분으로 나눈다. 하나는 영상을 필림에 명확히 맺히게 하는 광학부분과 필림에 영상이 찍히게 하는 기계장치로 되여있다.

사진기에서 사람이나 물체의 영상이 어떻게 필림에 명확히 맺히게 되는가.

이것을 실험으로 알아보자.

실험

○ 그림 5-71과 같이 두개의 통가운데서 하나는 다른 통속으로 나들수 있게 한다.

○ 겉통의 앞면에는 볼록렌즈를 고정하고 속통의 앞면에는 흐린 유리나 사도지로 비춤판을 만든다.

○ 렌즈앞에 물체를 놓고 비춤판을 앞뒤로 움직이면서 똑똑한 영상을 얻는다.

○ 같은 방법으로 서로 다른 거리에 있는 물체의 영상을 받아 관찰한다.

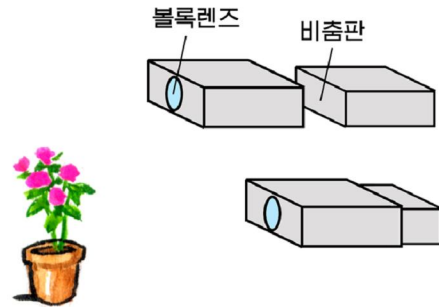



그림 5-71. 사진기의 모형

실험으로부터 다음과 같은것을 알수 있다.

사진기로부터 물체까지의 거리가 멀수록 비춤판을 렌즈의 초점가까이에, 물체까지의 거리가 가까울수록 비춤판을 렌즈로부터 좀 멀리 놓아야 똑똑한 영상을 얻는다.

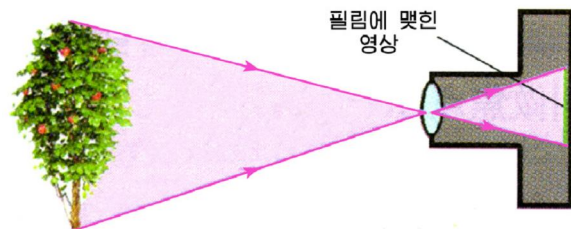
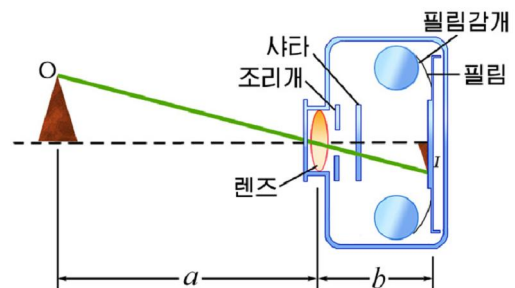
비춤판에 맺히는 영상은 축소된 실영상이다.(그림 5-72)

그림 5-72. 사진기의 필림에 맺힌 축소된 실영상

사진기에는 비춤판(필림)을 고정시키고 렌즈를 앞뒤로 나들게 하여 필림에 똑똑한 영상이 맺히게 한다.(그림 5-73)

그림 5-73. 사진기의 원리

필림에 영상이 정확히 찍히도록 하자면 무엇이 필요한가.

필림에 영상이 정확히 찍히도록 하자면 물체의 자리에 따라 렌즈를 앞뒤로 조절하여야 한다.

이와 함께 적당한 량의 빛을 필림에 쪼여주어야 한다. 이것은 빛쪼임시간을 조

절하는 빛여닫개(샤타)와 렌즈로부터 필림에 일정한 빛량이 들어가도록 구멍의 직경을 변화시키는 조리개로 실현한다.

※ 사진필림은 얇은 빛수감막으로 덮여있는데 물체에서 오는 빛이 여기에 떨어지면 눈에 보이지 않는 영상이 생긴다. 이것을 현상액에 담그면 눈에 보이는 영상이 나타난다.

사진기에는 물체의 영상을 수자신호로 변환하여 기록해두었다가 되살려 쓸수 있는 수자식사진기도 있다.

투영기

투영기는 필림에 찍힌 사진이나 글과 같은것을 크게 하여 비춤판에 비쳐주는 기구이다. 투영기에는 여러가지 종류가 있으나 원리와 구조는 비슷하다.

학교들에서 많이 쓰는 **필림환등기**에 대하여 보자.

필림을 투영렌즈의 초점가까이에 놓고 확대된 실영상을 멀리 있는 비춤판에 받아서 본다.(그림 5-74)

렌즈에서 필림까지의 거리가 $a \approx f$ 이므로 영상의 배률은 $\frac{b}{a} \approx \frac{b}{f}$ 로 되여 비춤판까지의 거리에 비례한다.

그림 5-74. 환등기의 원리

확대된 영상을 밝게 보기 위하여 필림을 센 빛으로 비쳐주기 위한 조명장치가 있다. 조명장치는 센 전등과 오목반사경 및 집광렌즈로 되여있다.

교육용투영기도 필림환등기와 비슷하다. 다른 점은 조명장치에서 집광렌즈가 평판렌즈로 되여있고 필림은 그우에 놓여있는것이다. 그리고 평면거울을 설치하여 수직으로 올라오는 빛을 90° 꺾어서 비춤판을 비치게 하였다.(그림 5-75)

그림 5-75. 교육용투영기의 원리

영사기도 광학적구조는 필림환등기와 같다.(그림 5-76)

영사기에는 필림을 움직이면서 빛을 주기적으로 열었다막았다하는 빛여닫개가 있다. 빛여닫개가 빛을 막는 순간에 화면이 바뀌고 열어놓는 순간에 필림이 멎어있어 영사막에 영상이 나타난다. 1s동안에 24개의 화면이 바뀌도록 필림을 움직이면 눈의 잔상현상에 의하여 련속적으로 움직이는 화면으로 보게 된다.

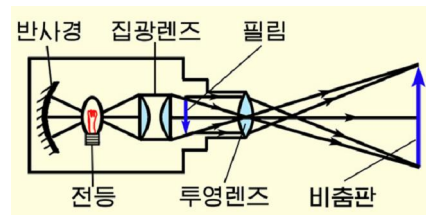
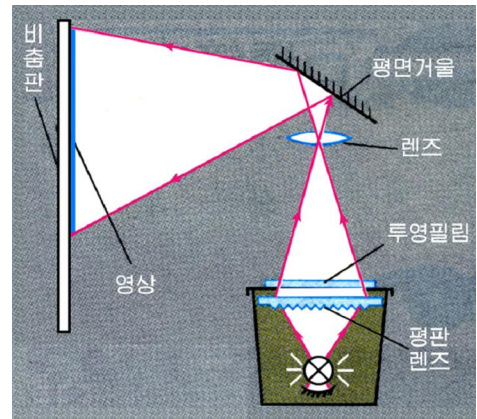
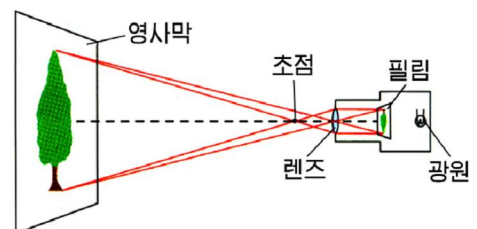



그림 5-76. 영사기의 원리

영사기에는 이밖에도 소리를 내는 장치가 더 있다.

문 제

1. 환등기와 영사기에서는 왜 비추려는 필림을 거꾸로 끼우는가?
2. 사진기와 환등기의 광학적구조와 작용에서 비슷한 점과 다른 점은 무엇인가?
3. 사진기와 눈이 구조에서 같은 점은 무엇인가?

제11절. 빛의 색갈

빛의 색갈

빛이 없는 어두운 방에 놓여있는 물체들은 그 모양과 크기가 어떠하며 어떤 색을 띠고있는지 전혀 알수 없고 컴컴하게만 보인다.

오직 빛에 의해서만 물체들을 볼수 있고 그 크기와 모양, 색을 알수 있다.

그림 5-77. 무 지 개

? 비가 온 후에 하늘에 곱게 비낀 무지개는 왜 여러가지 색을 띠는가.(그림 5-77)

이것을 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 하여보자.

실 험

○ 해빛이나 전등빛을 프리즘을 거쳐 비춤판에 비추면서 무엇이 생기는가를 본다.(그림 5-78) 비춤판에는 붉은색, 감색, 누런색, 풀색, 푸른색, 남색, 보라색을 띤 색띠가 나타난다.

○ 여기에 그림 5-79와 같이 다른 프리즘을 반대방향으로 놓고 색띠가 어떻게 되는가를 알아본다. 색띠를 이루었던 여러가지 색빛이 두번째 프리즘을 거쳐서 다시 흰색빛으로 된다.

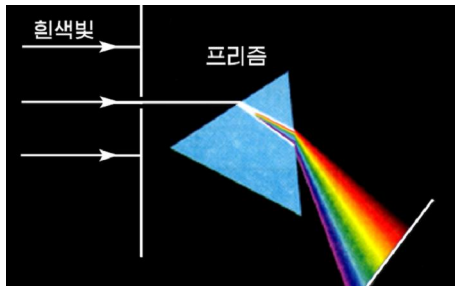



그림 5-78. 빛스펙트르를 알아보는 실험

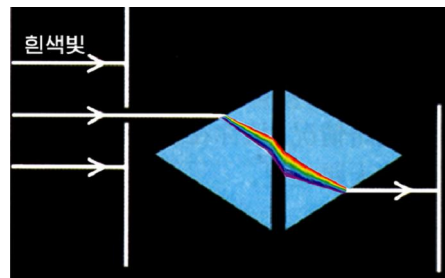



그림 5-79. 빛이 여러가지 색빛으로 이루어졌다는것을 보여주는 실험

실험으로부터 무엇을 알수 있는가.

해빛이나 전등빛은 흰색을 띤 단순한 빛이 아니라 여러가지 색빛이 혼합되여 이루어진 빛이라는것을 알수 있다.

이런 색띠는 영국의 물리학자 뉴톤이 처음으로 발견하였다.

그는 1666년 어느날 창문을 가리워 어둡게 하고 창가림막에 난 작은 구멍으로 새여드는 가느다란 해빛줄기를 프리즘에 받아보았다.

그러자 맞은편 벽에 무지개색을 띤 고운 색띠가 나타났다. 뉴톤은 그것을 《환상적인것》이라는 뜻에서 스펙트르라는 이름을 붙였다.

빛이 여러가지 색갈로 갈라져 생긴 색띠를 **빛스펙트르**라고 부르며 빛스펙트르를 이루는 매개 색빛을 **단색빛**이라고 부른다.

빛의 3원색

우의 실험은 프리즘을 리용하여 태양빛, 전등빛을 여러가지 색갈을 가진 색빛으로 만들수도 있고 그와 반대로 그것을 합성하여 흰색빛으로 만들수도 있다는것을 보여준다.

여러가지 색갈을 가진 빛들을 합성하면 어떤 색이 되겠는가.

7가지 색가운데서 붉은색, 풀색, 남색빛을 합성하면 흰색이 된다.

이 세가지 색갈의 빛을 **빛의 3원색**이라고 부른다.(그림 5-80)

그림 5-80. 3 원색빛의 합성

이 그림은 여러가지 색을 섞으면 그에 해당한 색빛이 얻어진다는것을 보여준다.

붉은색과 풀색빛이 고루 섞이면 누런색빛이, 붉은색과 남색빛이 고루 섞이면 분홍색빛이, 풀색과 남색빛이 고루 섞이면 푸른색빛이 얻어진다.

빛의 3원색가운데서 두가지 또는 세가지 색빛을 적당한 비률로 섞으면 임의의 색빛을 얻을수 있다.

그림 5-81. 천연색 TV 화면에서 붉은색, 푸른색, 남색이 합성된 화면

3원색빛의 합성을 리용한 대표적인 실례는 천연색TV화면이다.

천연색TV화면을 확대경으로 들여다보면 그림 5-81의 원안에 보인것과 같이 3원색빛을 내는 작은 구역들을 볼수 있다.

맨눈으로는 이 구역들을 따로따로 갈라보

지 못하고 몇개 구역에서 나오는 빛을 합쳐서 보게 된다.

화면의 붉은 구역들만 빛을 내면 화면이 붉게, 풀색이나 남색구역들만 빛을 내면 화면이 풀색이나 남색으로만 보인다.

매 구역들이 서로 다른 세기로 빛을 내면 이 빛들이 눈에 들어와 여러가지 색으로 느끼게 된다.

3원색빛이 모두 고르롭게 눈에 들어오면 흰색으로 느끼며 흰색빛이 약할수록 어둡게 즉 검은색으로 느낀다.

TV의 흑백화면은 이렇게 얻어진다.

여러가지 색빛의 합성은 극장무대의 조명에서도 리용한다.

문 제

1. 단색빛(레로 붉은색빛)을 프리즘에 비추면 비춤판에 색띠가 나타나겠는가?
2. 여러가지 색갈을 칠한 원판을 빨리 돌리면 어떤 색갈로 보이겠는가?
3. 다음 빈 칸에 알맞는 글을 써넣어라.

□빛과 □빛이 합치면 누런색빛이 얻어진다.

여기에 푸른색빛과 □빛을 합치면 □색빛이 얻어진다.

제12절. 물체의 색갈

물체가 가지는 색갈

빛을 물체에 비추면 어떤 물체는 붉은색, 어떤 물체는 푸른색을 띠면서 색갈을 가진다.

우리가 물체의 색갈을 가려볼수 있는것은 물체에서 나온 빛이 눈에 들어오기때문이다. 광원이 아닌 물체는 스스로 빛을 내지 못하므로 밖에서 빛을 받아서 그것을 반사시켜야 볼수 있다.(그림 5-82)

그림 5-82. 광원이 아닌 물체는 반사빛에 의하여 가려볼수 있다

❓ 꼭같이 흰색빛을 비추는데 물체들은 왜 서로 다른 색갈을 가지는가.

꼭같이 흰색빛을 비추는데 어떤 물체는 붉은색을, 어떤 물체는 푸른색을 띠는것은 그 물체에 비쳐진 여러가지 색갈의 빛들가운데서 일부는 흡수되고 일부는 반사되기때문이다.

례를 들어 어떤 물체가 붉은색갈을 가지면 그 물체는 붉은색빛만을 반사시키고

나머지 색빛은 흡수한다.(그림 5-83)

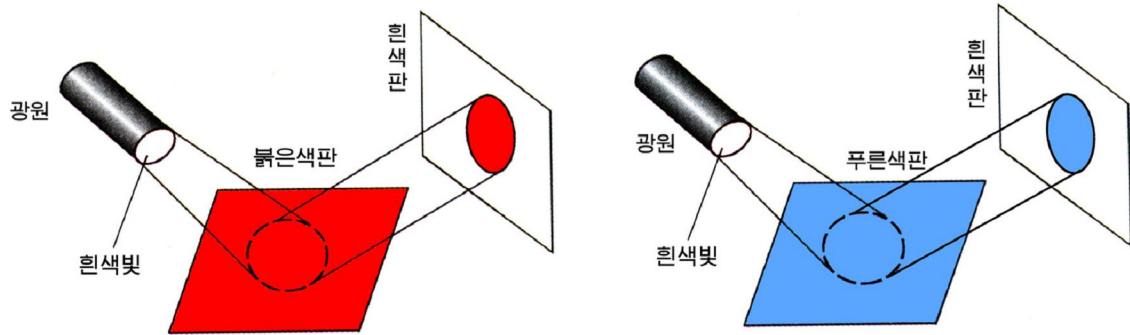



그림 5-83. 색빛의 반사와 흡수

물체마다 색을 흡수하고 반사시키는 정도가 다르기때문에 어떤 물체는 붉은색을, 어떤 물체는 푸른색을 띤다.

투명체의 색갈

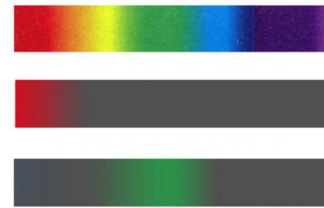
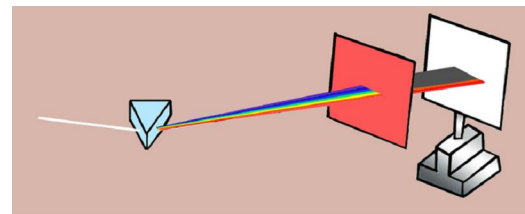
투명체는 유리나 영화필림과 같이 빛을 통과시키는 물체를 말한다.

그림 5-84와 같이 프리즘과 비춤판사이에 투명체인 붉은색유리판을 놓으면 비춤판의 스펙트르에서 다른 색띠는 없어지고 붉은색띠만 남는다.

그림 5-84. 투명체의 색갈 알아보기

붉은색대신에 풀색유리를 놓으면 비춤판에 풀색띠만 남는다.

이 실험으로부터 붉은색유리는 붉은색빛만, 풀색유리는 풀색빛만을 통과시키고 다른 색빛들은 다 흡수한다는것을 알수 있다.

그러므로 투명체의 색갈은 그가 통과시키는 색빛에 의해 결정된다.

천연색영화필림에 흰색빛을 비추고 흰색영사막에 받으면 필림과 꼭같은 색화면이 얻어지는것은 바로 이때문이다.

유리와 같은 투명체는 여러가지 색빛들을 거의나 다 통과시키는데 이런 물체를 **무색투명체**라고 부른다.

불투명체의 색갈

빛을 전혀 통과시키지 않는 종이와 같은 물체는 불투명체이다.

그림 5-85와 같이 비춤판에 흰색대신 불투명체인 붉은색종이를 붙이면 비춤판

의 스펙트르에서 붉은색띠만 밝다.

여기에 푸른색종이를 붙이면 푸른색띠만 밝다.

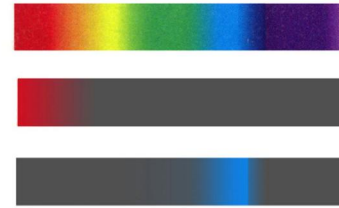
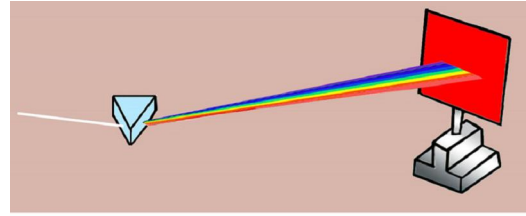
이 실험으로부터 붉은색종이는 주로 붉은 색빛만을 반사하고 다른 색빛들은 흡수한다는 것을 알수 있다. 마찬가지로 푸른색종이는 주로 푸른색빛만을 반사하고 다른 색빛들은 흡수한다.

따라서 <u>불투명체의 색갈은 그가 반사하는 색빛에 의하여 결정된다.</u>

그림 5-85. 불투명체의 색갈 알아보기

여러가지 색빛들을 거의 다 반사하면 그 물체는 흰색으로 보이고 여러가지 색빛들을 거의다 흡수하면 그 물체는 검은색으로 보인다.

물체의 색갈은 또한 광원이 내는 색빛에 따라서도 달라진다.

례를 들어 흰색종이는 해빛에서 보면 희게 보이지만 붉은색전등빛에서는 붉게 보인다.

색감의 3원색

색감에도 원색이 있다.

색감의 여러가지 색갈은 원색들을 여러가지 비률로 섞어 얻는다.

붉은색, 누런색, 푸른색을 **색감의 3원색**이라고 부른다.(그림 5-86)

3원색가운데서 어느 두 색을 섞으면 사이색이 얻어진다.

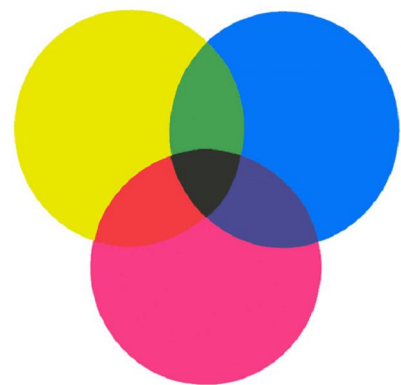
례를 들어 누런색과 푸른색물감을 같은 비률로 섞어 풀색물감을 얻는다.

그것은 누런색물감은 누런색빛과 함께 감색과 풀색빛을 반사시키고 푸른색물감은 푸른색빛과 함께 풀색과 남색빛을 반사시키는데 이 두 물감을 섞으면 두 물감이 공통적으로 반사시키는 풀색빛만이 우리 눈에 들어와 색을 느끼게 하기때문이다.

두 원색의 섞는 비률에 따라 여러가지 모든 색들을 얻을수 있다.

그림 5-86. 색감의 3 원색

색감의 3원색은 빛의 3원색과 그 구성에서 다를뿐아니라 섞을 때 나타나는 결과에서도 다르다. 즉 빛의 3원색을 같은 비률로 섞으면 투명한 흰색빛이 되지만 색감의 3원색을 섞으면 검은색이 된다.

색감의 3원색의 성질은 색그림, 색사진, 색인쇄 등에 리용된다.

1. 프리즘으로 흰 종이우에 흰색빛의 스펙트르를 얻었다.
   흰 종이대신 검은 종이를 놓거나 풀색종이를 놓으면 빛스펙트르가 어떻게 보이겠는가?
2. 해빛에서 푸른색으로 보이는 색종이와 감색으로 보이는 색종이가 있다.
   이것을 붉은색등밀에서 보면 어떤 색으로 보이겠는가?
3. 밤에 초불이나 백열전등밀에서는 흰색과 누른색을 갈라보기 어렵다. 왜 그런가?
4. 풀색유리로 된 색안경을 끼고 낮에 물체를 보면 물체가 어떻게 보이겠는가?

문제: 교육용투영기(또는 환등기)의 구조와 원리를 알아보고 다음 경우에 렌즈의 이동, 영상의 크기, 영상의 밝기에 대하여 표에 써넣어라.

방향: ・조명계는 어떤 요소들로 이루어져있으며 매 요소들이 어떤 작용을 하는가?

・집광렌즈로 쓴 평판렌즈의 자름면을 그리고 어떻게 빛을 모아주는가를 그려보아라.

・영상(화면)의 초점은 무엇으로 조절하여 맞추는가?

	렌즈의 이동방향	영상의 크기	영상의 밝기
멀리 있는 비춤판에 투영할 때			
가까이에 있는 비춤판에 투영할 때			

복습문제

1. 태양빛이 수평면과 40°의 각으로 비치고있다. 깊은 우물바닥을 비치려면 거울을 수평면과 어떤 각도로 놓아야 하는가?

   (답. 65°)

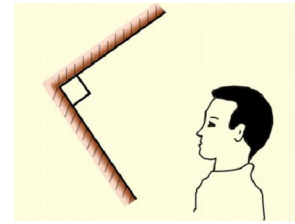



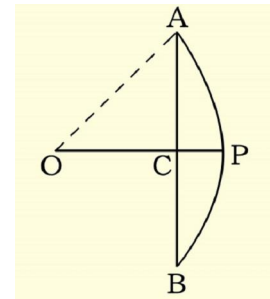
그림 5-87

2. 거울을 10° 만큼 돌리면 반사빛선의 방향은 몇° 만큼 변하겠는가?

   (답. 20°)

그림 5-88

3. 그림 5-87에서처럼 직각으로 사귄 두 평면거울앞에서 거울을 들여다보면 거꾸로 뒤집어진 자기 얼굴을 보게 된다. 왜 그렇게 되는가? 실험을 해보고 영상그리기로 설명하여라.
4. 오목거울의 직경 AB는 40cm이고 그 깊이 CP는 40mm이다. 이 오목거울의 초점거리를 구하여라.(그림 5-88)

   (답. 26cm)

5. 맑게 개인 봄날 갈아엎은 밭이나 논우로 먼곳에 있는 물체들을 바라보면 그것들이 흔들리는것처럼 보인다. 그 리유를 설명하여라.
6. 해빛은 대기가 없는 우주공간을 지나 지구대기층에 이르러 지구겉면까지 비친다. 빛은 어떻게 꺾이겠는가? 아침과 저녁에 보이는 태양의 실제자리는 어디인가?
7. 물이나 얼음을 리용하여 불을 얻을수 있는가? 어떻게 하면 되겠는가?
8. 초점거리가 15cm인 볼록렌즈로부터 10cm 떨어진 곳에 물체가 있다. 어떤 영상이 어디에 생기며 영상의 배률은 얼마인가?

   (답. 허영상 30cm, 3배)

9. 초점거리가 20cm인 오목렌즈에서 30cm 떨어진 곳에 물체가 있다. 어떤 영상이 생기겠는가?

   (답. 허영상 12cm, 0.4배)

10. 물체 AB의 영상을 그려라.(그림 5-89)
    ㄱ) 물체가 초점거리의 2배보다 멀리 있을 때
    ㄴ) 물체가 초점거리의 2배와 초점거리사이에 있을 때
    ㄷ) 물체가 초점거리안에 있을 때

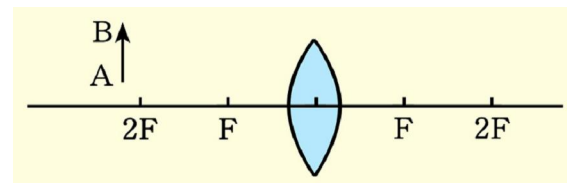



그림 5-89

11. 그림 5-90에 렌즈의 빛축 MN과 광원 S 및 그의 영상 S′가 표시되여있다. 렌즈의 자리와 초점을 그리기법으로 찾아보아라. 어떤 렌즈인가?

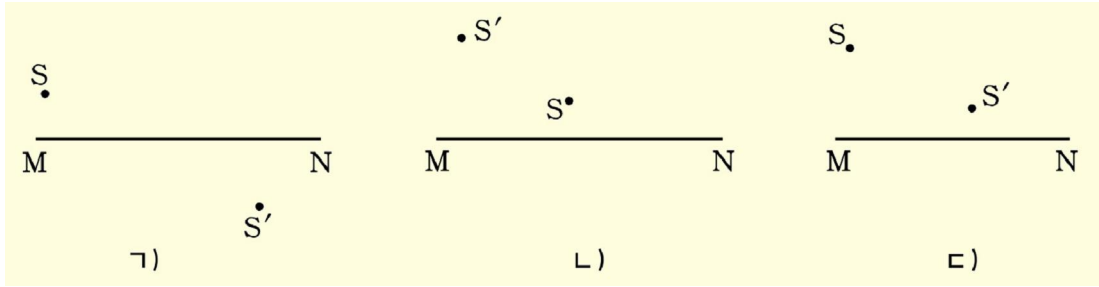



그림 5-90

12. 그림 5-91에서 화살은 광원에서 나온 빛이 렌즈를 지난 다음의 빛선이다. 광원과 그 영상의 자리를 그림으로 찾아보아라.

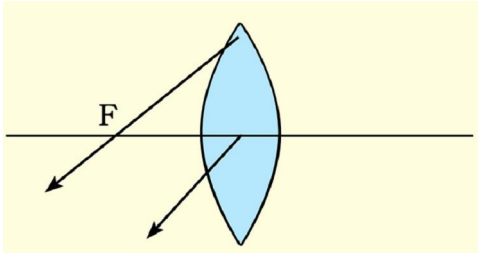
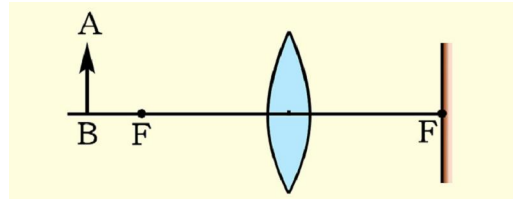
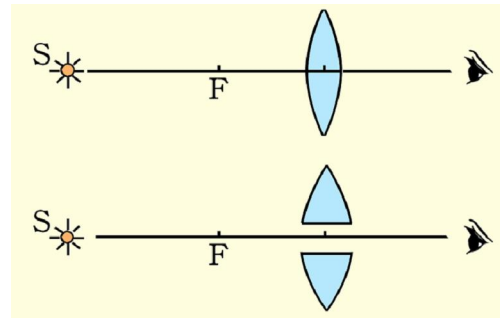



그림 5-91　　그림 5-92

13. 볼록렌즈의 뒤초점에 빛축에 수직으로 평면거울이 놓여있다. 물체 AB의 영상을 그리여라.(그림 5-92)

14. 볼록렌즈의 빛축우에 그의 초점거리의 2배보다 먼곳에 점광원이 놓여있다. 렌즈를 절반 잘라서 그림 5-93처럼 떼여놓았다. 점광원의 영상이 어떻게 보이겠는가?

그림 5-93

15. 너비 22mm인 영화필림의 그림을 2.2m의 폭을 가진 영사막에 비춘다면 화면의 밝은 정도는 어떻게 되겠는가? 왜 영화는 어두운 데서 보는가?

(**답.** 필림밝기의 1／10 000로 된다.)

16. 초점거리가 40cm인 볼록거울로부터 20cm 떨어진 점에 빛축에 수직되게 길이 10cm의 화살을 세워놓았다. 어떤 영상이 어디에 생기겠는가? 영상의 배률과 영상의 크기를 구하여라. 이때의 영상을 그려보아라.

(**답.** 거울안쪽으로 13.3cm, 허영상－0.67배, 6.7cm)

17. 초점거리가 20cm인 오목거울로부터 60cm 되는 곳에 길이가 10cm인 화살을 빛

축과 수직으로 세워놓았다. 어떤 영상이 어디에 맺히겠는가?

(답. 실영상, 30cm)

18. 근점이 20cm인 어떤 근시안이 75cm이상의 거리에 있는 물체를 명백히 볼수 없다. 멀리있는 물체를 명백히 보자면 초점거리가 얼마인 오목렌즈로 된 안경을 껴야 하는가? 이 안경을 꼈을 때 근점은 얼마로 변화되겠는가? 눈으로부터 렌즈까지의 거리는 무시하여라.

(답. 75cm, 27cm)

19. 영화화면에서 꽃망울이 서서히 벌어지면서 활짝 피는 장면을 볼수 있다. 어떻게 하면 되겠는가?
20. 촬영기로 1s동안에 24매씩 찍는 영화필림을 1s동안에 12매씩 돌아가는 영사기로 비치면 화면이 어떻게 보이겠는가?
21. 사진필림에 찍힌 축소된 영상을 인화지에 확대하려면 어떻게 하면 되겠는가? 사진확대기에서 필림, 인화지, 렌즈, 광원을 어떻게 놓아야 하는가?
22. 천연색영화를 흰천으로 만든 영사막이 아니라 풀색천으로 만든 막우에 비치면 어떻게 보이겠는가?
23. 영화에서는 화면이 바뀔 때마다 여닫개로 빛을 가리워 영사막을 어둡게 한다. 왜 그렇게 하는가? 화면이 껌벅이는것을 느끼지 못하는것은 무엇때문인가?
24. 빛의 3원색과 색감의 3원색에서 차이점은 무엇인가 ?
25. 여러가지 색갈을 칠한 원판을 돌리면 희게 보이는데 여러가지 색갈의 물감을 섞으면 검게 보이는것은 무엇때문인가?
26. 색유리를 보드랍게 가루내면 완전히 희게 보인다. 왜 그런가?
    이 흰가루가 어떤 색갈의 유리인가를 알아내자면 어떻게 하면 되겠는가?

제6장. 에네르기

나무에 못을 박을 때에는 망치가 리용되며 공장에서 철판을 펴는데는 함마들이 리용된다.

수력발전소에서는 강물의 락차를 리용하여 전기를 생산하고있으며 화력발전소에서는 석탄이나 연유를 리용하여 전기를 생산하고있다.

생산된 전기에 의해서 무궤도전차와 궤도전차, 전기기관차가 달리고있으며 공장의 기계들이 움직이고있다.

이 장에서는 에네르기란 무엇이고 에네르기가 어떻게 전환되며 우리 생활과 기술에서 어떻게 리용되는가에 대하여 배우게 된다.

제1절. 에네르기란 무엇인가

우리들은 일상생활에서 일과 함께 에네르기라는 말을 흔히 쓴다.

물체는 어떤 때 에네르기를 가지는가

물체는 어떤 때 에네르기를 가지고있다고 하는가.

물체가 어떤 때 일하며 물체가 일하면 무엇이 변하는가를 알아보자.

○ 그림 6-1과 같이 쇠알을 굴려주어 나무토막에 부딪치게 한다. 이때 쇠알은 나무토막을 밀고나가는 일을 하면서 속도가 줄어들다가 멎는다.

○ 그림 6-2와 같이 도르래에 걸쳐놓은 끈의 한끝은 책상우에 있는 나무토막에 련결하고 다른 끝에는 추를 매달아놓는다. 이때 추는 아래로 내려가면서 나무토막을 끌고가는 일을 한다.

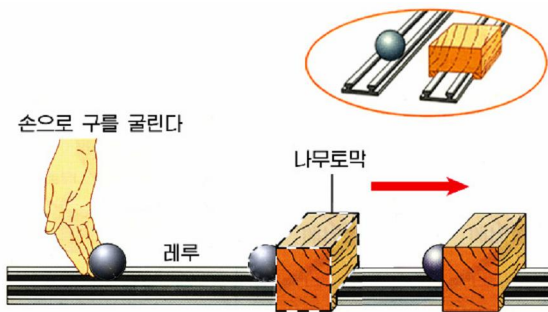



그림 6-1. 쇠알은 나무토막을 밀고나가는 일을 한다

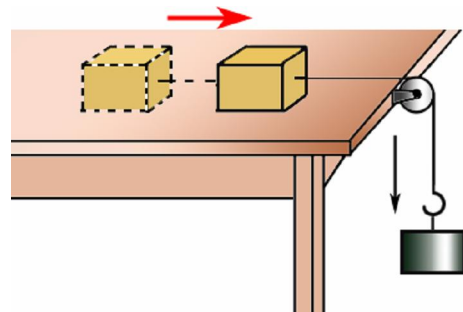



그림 6-2. 높은 곳에 있는 물체는 내려오면서 일을 할수 있다

○ 그림 6-3과 같이 한끝을 고정한 용수철의 다른 끝에 나무토막을 매여놓는다. 나무토막을 당겨 용수철을 늘구었다가 놓아주면 용수철이 본래의 모양으로 되돌아가면서 나무토막을 끄는 일을 한다.

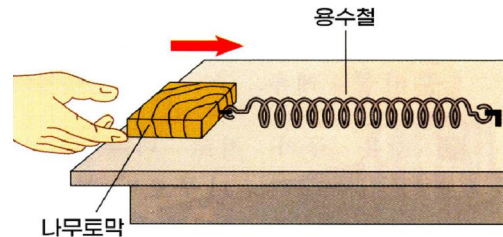



그림 6-3. 변형된 물체는 본래모양으로 되돌아가면서 일을 할수 있다

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

운동하는 물체는 속도가 줄어들면서, 높은 곳에 있는 물체는 낮은 곳으로 내려

오면서, 변형된 물체는 본래모양으로 되돌아가면서 일을 할수 있다는것을 알수 있다.

운동하는 물체는 멎을 때까지 일을 하며 높은 곳에 있는 물체는 바닥에 닿을 때까지 일을 한다. 마찬가지로 변형된 용수철도 본래상태로 되돌아갈 때까지 일을 한다.

이와 같이 일하는 물체들을 자세히 살펴보면 높은 자리에 있거나 변형된 상태, 어떤 속도로 운동하는 상태에 있다.

이런 상태에 있는 물체들은 다 일할수 있는 능력을 가지고있다.

물체가 가지는 일할수 있는 능력을 **에네르기**라고 부른다.

일할수 있는 물체는 에네르기를 가지고있다고 말한다.

물체가 일할 때 그의 속도, 높이, 변형의 크기와 같은 량들이 변한다.

일과 에네르기사이의 관계

물체가 수행하는 일의 크기는 무엇에 관계되는가.

물체가 빨리 운동할수록, 또 물체가 더 높은 곳에 있을수록, 물체(용수철)의 변형이 클수록 물체가 수행할수 있는 일의 크기가 크며 물체는 큰 에네르기를 가진다.

그렇다고 하여 에네르기가 곧 일은 아니다.

물체가 에네르기를 가지고있어도 그것을 쓰지 않으면 일이 수행되지 않는다.

물체가 가지는 에네르기는 어떻게 마련되는가.

그것은 밖에서 물체에 일을 해주었기때문에 가지게 된다. 즉 우의 경우에 물체가 운동하도록 하는데 일을 하였으며 또 물체를 높은 곳에 들어올리는데 일을 하였으며 용수철을 잡아늘구는데 일을 해주었다.

이와 같이 일과 에네르기는 밀접히 련관되여있다.

물체가 수행할수 있는 일은 물체가 가지는 에네르기가 클수록 크며 물체가 에네르기를 가지는것은 밖에서 물체에 일을 하여주었기때문이다.

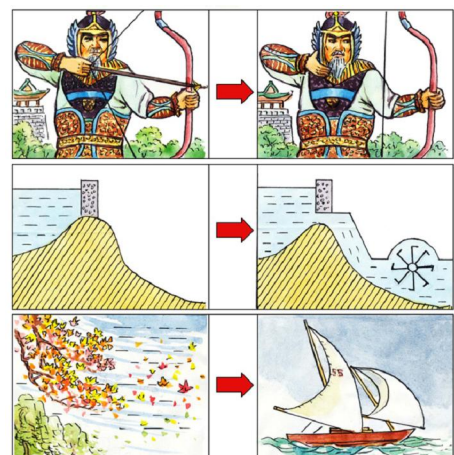
물체가 한 일의 크기로써 그 물체가 가지고있는 에네르기의 크기를 알수 있다.

에네르기의 측정단위는 일의 측정단위와 같이 1J 또는 1kJ을 쓴다.

그림 6-4

문제

1. 그림 6-4에서 어떤 물체가 어떤 상태에 있을 때 에네르기를 가지며 어떤 상태로 넘어가면서 어떤 일을 하는가를 설명하여라.
2. 다음의 경우에 무엇이 에네르기를 가지고있기때문에 일을 하는가?(그림 6-5)

   ㄱ) 고무총에서 작은 돌이 날아간다.

ㄴ) 사과나무에서 사과가 떨어진다.

ㄷ) 자동차가 달린다.

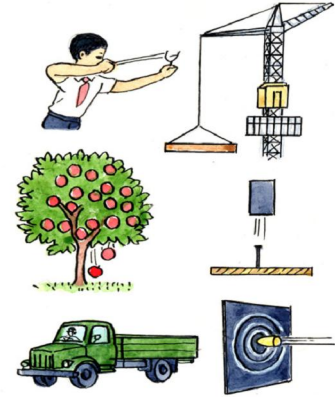
ㄹ) 기중기가 물건을 들어올린다.

ㅁ) 철덩이가 떨어지면서 나무에 못을 박는다.

ㅂ) 총알이 목표물에 박힌다.

그림 6-5

3. 한 물체는 100J의 일을 할수 있고 다른 물체는 200J의 일을 할수 있다. 어느 물체가 더 큰 에네르기를 가지고있는가?

4. 100J의 에네르기를 가지고 운동하던 썰매는 마찰력을 이기면서 눈판우로 얼마나 가다가 멎겠는가? 마찰력은 5N이다.

제2절. 중력을 받는 물체의 자리에네르기

중력의 자리에네르기란 무엇인가

높은 곳에 있는 물이나 물체가 일을 수행할수 있는가.

높은 곳에 있는 저수지의 물은 아래로 흐를 때 흐름속도가 빨라지면서 이것으로 수차를 돌려 전기를 일으키는 일을 한다.(그림 6-6)

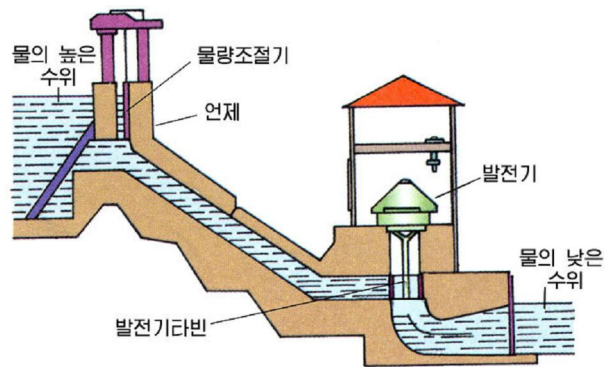



그림 6-6. 물의 자리에네르기

들어올린 철덩이는 중력에 의하여 내려오면서 말뚝을 박는 일을 한다.(그림 6-7)

이처럼 어떤 높이에 있는 물체는 중력을 받아 자리가 낮아지면서 일을 할수 있다.

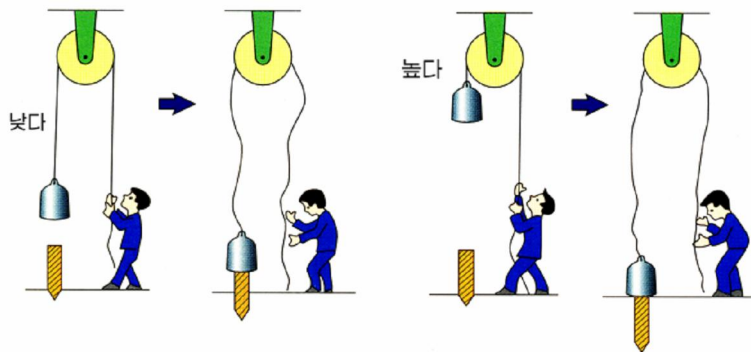



그림 6-7. 말뚝을 박는 철덩이

즉 높은 자리에 있는 물체도 에네르기를 가진다.

물체가 높은 곳에 있기때문에 가지는 에네르기를 **중력의 자리에네르기** 또는 **중력의 포텐샬에네르기**라고 부른다.

중력의 자리에네르기는 무엇에 의하여 결정되는가

갈은 높이에서 가벼운 쇠망치를 떨굴 때보다 무거운 쇠망치를 떨굴 때 말뚝은 더 깊이 박히여 더 큰 일을 한다. (그림 6-8의 ㄱ)

질량이 같은 두 쇠망치를 서로 다른 높이에서 떨굴 때 높은 곳에서 떨어뜨린 쇠망치가 역시 말뚝을 더 깊이 박으므로 더 큰 일을 한다. (그림 6-8의 ㄴ)

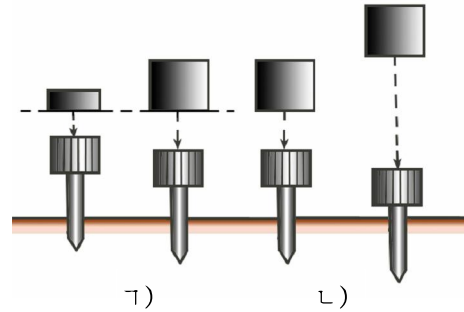



그림 6-8. 질량이 클수록, 높이가 높을수록 중력의 자리에네르기는 크다

쇠망치가 수행한 일의 크기가 무엇과 같은가.

그림 6-9과 같은 장치를 만들어놓고 이것을 리용하여 A가 내려오면서 책상우의 물체 B를 끄는 일이 무엇에 관계되는가를 실험으로 알아보자.

실험

○ 먼저 물체 B를 도르래로부터 왼쪽으로 당겨 물체 A가 바닥으로부터 h만 한 높이에 있도록 하고 놓아주면 물체 A는 중력에 의하여 내려가면서 물체 B를 끄는 일을 한다. (그림 6-9)

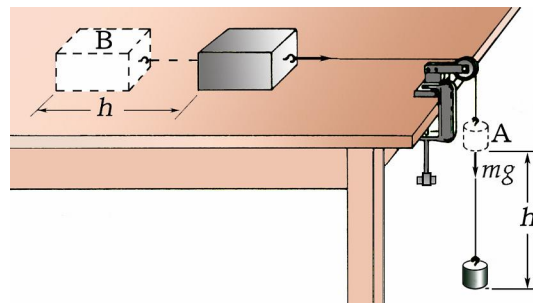



그림 6-9. 중력의 자리에네르기실험

○ 물체 B에 작은 모래그릇을 올려놓고 모래량을 조절하면서 물체 A와 B가 천천히 등속으로 운동하게 한다. 이때 물체 B에는 일정한 끄는 힘 F가 작용한다. 물체 A가 h만 한 높이에서 바닥까지 내려오면서 물체 B를 끄는 거리는 h와 갈으므로 B를 끌면서 하는 일은 Fh와 갈다. 끄는 힘 F가 일정하므로 물체 A가 내려오면서 하는 일은 높이 h에 의하여 결정된다.

○ 다음 이 장치에서 물체 A를 질량이 다른것들로 바꾸고 이것이 등속으로 천천히 내려오도록 물체 B우의 모래량을 조절하면서 끄는 힘 F를 측정한다. 측정값들을 표에 써넣고 이 값들을 리용하여 물체 A의 질량 m과 끄는 힘 F사이의 관계를 그라프로 그린다. (그림 6-10)

자리에네르기실험표

물체 A의 질량 [kg]	물체 B를 끄는 힘 [N]
0.05	0.49
0.10	0.99
0.15	1.47

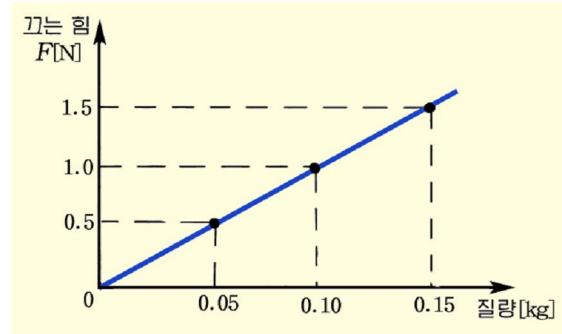



그림 6-10. 질량 m과 끄는 힘 F 사이의 관계

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

질량 m과 힘 F사이에는 비례관계가 있다는것을 알수 있다.

표에 의하면 질량이 1kg인 물체에 작용하는 중력의 크기는 9.8N과 같으므로 물체 B를 끄는 힘은 물체 A에 작용하는 중력의 크기 $P=mg$와 같다는것을 알수 있다.

즉 물체 A가 내려오면서 하는 일은 그 물체의 질량 m과 물체가 내려온 거리 h에 의하여 결정된다.

질량이 m인 물체가 h만 한 높이에 있을 때 가지는 중력의 자리에네르기 U는 물체에 작용하는 중력의 크기 mg와 물체가 놓인 자리의 높이 h를 곱한것과 같다.

자리에네르기＝물체에 작용하는 중력의 크기×높이

$$U = mg \times h$$

[례제] 어떤 학교의 실험용소형수력발전소에서는 5m 높이로부터 물이 1s동안에 1.2m^{3}씩 떨어지면서 전기를 생산한다. 이 물이 1h동안에 하는 일을 구하여라.

풀이. 주어진것 : h=5m

t=1h=3 600s

V=1.2m^3/s×3 600s

구하는것 : A?

1h동안에 떨어지는 물의 질량

$$m=\rho V=1\ 000\text{kg/m}^3\times1.2\text{m}^3\text{/s}\times3\ 600\text{s}=4\ 320\ 000\text{kg}$$

$$U=mgh=4\ 320\ 000\text{kg}\times9.8\text{N/kg}\times5\text{m}\approx2.12\times10^8\text{N·m}$$

1h동안에 물은 중력의 자리에네르기와 같은 일을 한다. 즉

$$A=U\approx2.12\times10^8\text{J}$$

답. 약 2.12×10^{8}J

문 제

1. 수력발전소에서는 물이 더 높은 곳에서 떨어질수록 유리하다. 왜 그런가?
2. 땅겉면에 놓여있는 물체의 자리에네르기는 언제나 0인가? 까닭을 설명하여라.
3. 질량이 50kg인 큰 쇠망치가 12m 높이로부터 내려오면서 말뚝을 박는다. 이 쇠망치가 말뚝을 박으면서 하는 일을 구하여라. 쇠망치가 한번 때릴 때 말뚝이 2.5m씩 들어간다면 말뚝을 때리는 힘은 얼마인가?
4. 질량이 2t인 쇠망치가 1m 높이에서 떨어질 때 하는 일과 크기가 같은 일을 0.5t의 질량을 가진 쇠망치가 하려면 얼마만한 높이에서 떨어져야 하는가?
5. 어떤 수력발전소에서 1.5m 높이에서 흘러내려오는 물이 수력타빈을 돌리는 일능률은 25kW이다. 1s동안에 몇m^3의 물이 흘러내려오는가?

제3절. 운동하는 물체의 에네르기

운동에네르기란 무엇인가

바람은 풍차를 돌리고 흐르는 물은 수차를 돌려 전기를 생산하며 망치는 못을 박는 일을 하며 날아가던 총알은 담벽을 뚫고들어가는 일을 한다.

이처럼 운동하는 물체는 일을 할수 있다. 즉 운동하는 물체는 에네르기를 가진다.

물체가 운동하기때문에 가지는 에네르기를 **운동에네르기**라고 부른다.

? 운동에네르기는 무엇에 관계되는가.

바람이 불 때 꼬마기상대의 풍속계를 바라보면 바람이 하는 일의 크기는 바람의 속도가 빠를수록 크다는것을 알수 있다.

시내물이나 큰 강물이 바닥의 돌이나 모래를 밀고가는 일의 크기는 물의 질량이 클수록 크다는것을 보여준다.

여기로부터 운동하는 물체들이 할수 있는 일의 크기는 물체의 속도가 빠를수록 크며 질량이 클수록 크다는것을 알수 있다.

실제로 그런가를 실험으로 알아보자.

○ 경사면우에 어떤 높이까지 철구를 올려놓고 놓아준다. 그러면 철구는 경사면을 따라 굴러내려오면서 점점 빨라지다가 수평면에 들어서서는 등속으로 굴러가며 나무토막에 부딪쳐 그것을 밀고나가는 일을 한다.

나무토막을 밀고간 거리를 측정한다.

○ 나무토막을 본래자리에 가져다놓고 철구는 더 높은 자리로부터 굴러내려오게 한 다음 나무토막을 밀고나간 거리를 측정한다.

철구가 내려오기 시작하는 자리가 높을수록 나무토막에 부딪칠 때의 속도가 크다.

실험은 철구의 속도가 클수록 나무토막을 밀고나가는 거리가 더 크다는것을 보여준다. 즉 철구의 속도가 클수록 더 많은 일을 할수 있다.

○ 질량이 더 큰 철구를 처음과 같은 높이에서 굴러내려오게 하고 같은 방법으로 실험을 진행한다.(그림 6-11)

실험은 철구가 같은 높이에서 내려올 때 질량이 클수록 일을 더 많이 한다는것을 보여준다.

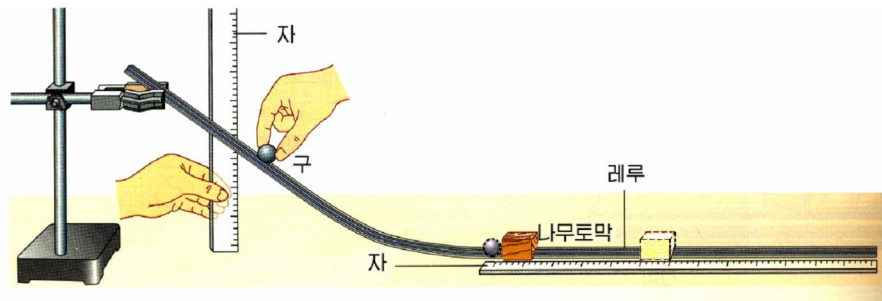



그림 6-11. 운동에네르기가 무엇에 관계되는가를 알아보는 실험

실험을 통하여 물체의 운동에네르기는 속도가 클수록, 질량이 클수록 크다는것을 알수 있다.

운동에네르기는 무엇에 의하여 결정되는가

운동하는 물체가 일을 하면 속도가 줄어들며 나중에는 멎는다.(그림 6-12)

운동하는 물체는 운동에네르기를 쓰면서 일하므로 에네르기가 줄어든다.

나무토막을 미는 일의 크기는 운동하는 철구가 할수 있는 일의 크기와 같다.

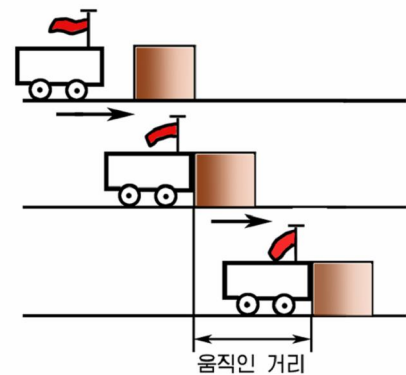



그림 6-12. 운동하는 물체는 일을 한다

그러므로 운동하는 물체가 멎을 때까지 다른 물체에 대하여 하는 일의 크기를 잰다면 그것은 운동에네르기와 같게 된다.

물체의 운동에네르기는 그것이 멎을 때까지 다른 물체에 한 일의 크기로 잴수 있다.

계산에 의하면 물체의 운동에네르기의 크기는 물체의 질량에 속도의 두제곱을 곱한 값의 절반과 같다.

$$운동에네르기=\frac{1}{2}\times 질량\times 속도의\ 두제곱$$

$$K=\frac{1}{2}\times m\times v^2$$

물체가 운동에네르기를 가지고있다고 하여 언제나 일하는것은 아니다. 례를 들어 운동하는 물체는 운동에네르기를 가지고있지만 관성에 의하여 등속운동을 할 때에는 아무러한 일도 수행하지 않는다.

[례제] 운동하는 밀차가 나무토막을 0.2m 만큼 밀고가다가 멎었다. 이때 한 일이 0.4J이라면 나무토막에 작용한 힘과 운동에네르기는 얼마인가?

풀이. 주어진것: S=0.2m

A=0.4J

구하는것: F?, K?

$A=F\cdot S$ 이므로 $F=\frac{A}{S}=\frac{0.4J}{0.2m}$=2N

한편 $K=A$ 이므로 K=0.4J

답. 2N, 0.4J

1. 그림 6-13에서 어느 사람의 운동에네르기가 더 큰가?
2. 운동에네르기가 2 700J인 총알이 목표물을 15cm 뚫고들어가 멎었다. 목표물을 뚫는 힘은 얼마인가?
3. 달리는 기차안에 앉아있는 학생은 선반우에 올려놓은 짐이 운동에네르기를 가지지 않는다고 하고 땅에 서있는 학생은 그 짐이 운동에네르기를 가지고있다고 하였다. 누가 옳은가? 그 까닭을 설명하여라.

그림 6-13

제4절. 운동에네르기와 자리에네르기의 호상전환

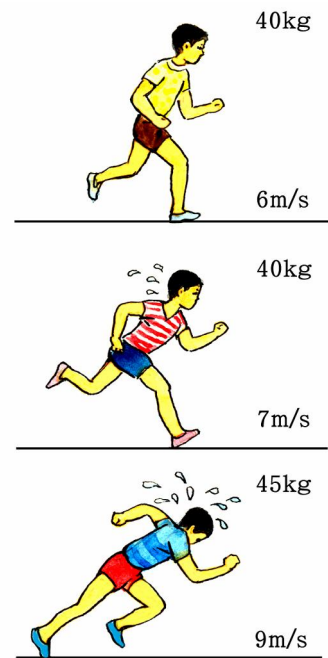
력학적에네르기의 전환

유희장들에 있는 제트코스타(관성렬차)를 타고 곡선길을 오르내릴 때 그 속도와 높이가 어떻게 변하는가를 생각해보아라. 이때 제트코스타의 운동에네르기와 자리에네르기가 어떻게 변하는가.(그림 6-14)

그림 6-14. 제트코스타

제트코스타가 내려갈 때는 속도가 점점 커지므로 운동에네르기는 점점 커지며 높이는 낮아지므로 자리에네르기는 점점 작아진다. 제트코스타가 올라갈 때는 이와 반대로 된다.

이처럼 물체가 오르내릴 때에는 운동에네르기가 자리에네르기로, 자리에네르기가 운동에네르기로 넘어가게 된다.

운동에네르기와 자리에네르기를 **력학적에네르기**라고 부른다.

물체가 가지고있는 력학적에네르기가 한 형태에서 다른 형태에로 넘어가는것 즉 운동에네르기가 자리에네르기로 또 자리에네르기가 운동에네르기로 넘어가는것을 **력학적에네르기전환**이라고 부른다.

력학적에네르기전환현상은 흔들이의 운동에서 볼수 있다.

흔들이의 운동에서는 력학적에네르기가 한 형태에서 다른 형태에로 어떻게 넘어가는가.

흔들이추가 평형자리로부터 제일 멀리 왔을 때 순간적으로 멎으므로 운동에네르기는 령이고 자리가 가장 높으므로 자리에네르기가 최대로 된다.(그림 6-15)

그림 6-15. 흔들이에서 력학적에네르기전환

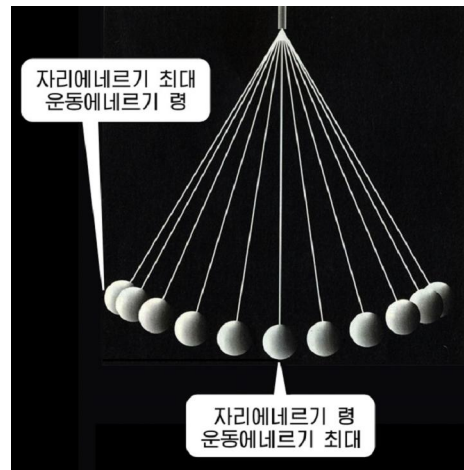
그다음부터 추가 평형자리를 향하여 내려올 때에는 자리에네르기가 운동에네르기로 전환되면서 자리에네르기는 줄어들고 그대신 운동에네르기가 늘어난다. 흔들이추가 평형자리를 지나는 순간 자리가 제일 낮고 속도는 최대로 되므로 자리에네르기는 제일 작고 운동에네르기가 제일 크다. 그다음부터는 흔들이추가 올라가면서 운동에네르기는 줄어들고 그 대신 자리에네르기가 늘어난다.

그러므로 이때도 운동에네르기와 자리에네르기가 서로 전환된다.

그림 6-16. 두 구사이의 운동에네르기전달

❓ 력학적에네르기는 한 물체에서 다른 물체에로 전달되는가.

꼭같은 두개의 구가 충돌하는것을 자세히 따져보자.(그림 6-16)

운동하는 구가 멎어있던 구에 충돌하면 운동하던 구는 멎고 그대신 멎어있던 구가 운동한다.

이것은 한 구로부터 다른 구에로 운동에네르기가 넘어갔다는것을 의미한다.

그림 6-17. 도르래에 걸친 두 추들사이의 자리에네르기 전달

그림 6-17과 같이 도르래에 걸쳐놓은 줄의 량끝에 꼭같은 추를 매달고 추 하나를 아래로 당겼다놓으면 이 추는 내려오면서 자리에네르기가 줄어들고 다른 추는 올라가면서 자리에네르기가 늘어난다.

이것은 추들사이에 자리에네르기가 전달된다는것을 의미한다.

력학적에네르기보존의 법칙

❓ 만일 마찰이 없다면 력학적에네르기전환이 어떻게 일어나겠는가.

제트코스타가 아무런 마찰도 받지 않으면 처음에 올라갔던 높이만큼 계속 오르내리면서 운동을 계속할것이다. 즉 처음에 가졌던 자리에네르기가 모두 운동에네르기로, 이 운동에네르기가 모두 자리에네르기로 전환되면서 계속 운동할것이다.

흔들어놓은 흔들이도 마찰이 없다면 운동에네르기와 자리에네르기가 고스란히 전환될것이다.

또 두 구가 충돌할 때도 마찰이 없다면 한 구로부터 다른 구에로 운동에네르기가 고스란히 전달될것이다.

이처럼 마찰이 없다면 자리에네르기가 작아진것만큼 운동에네르기가 커지며 반대로 운동에네르기가 작아진것만큼 자리에네르기가 커진다.(그림 6-18)

그림 6-18. 력학적 에네르기의 보존

또한 한 물체의 력학적에네르기가 작아진것만큼 다른 물체의 력학적에네르기가 커진다.

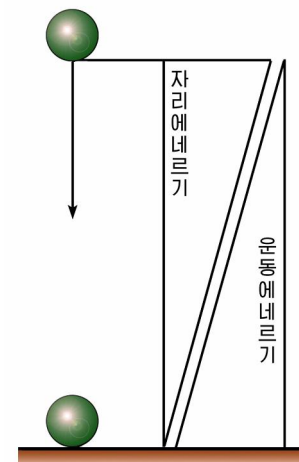
마찰이 없으면 운동에네르기와 자리에네르기의 합은 언제나 일정하다. 이것을 **력학적에네르기보존의 법칙**이라고 부른다.

1. 그림 6-19와 같이 두 사람이 널뛰기를 할 때 에네르기전달을 설명하여라.
2. 자전거를 타고 올리막길을 올라갈 때에는 발디디개를 점점 더 힘겹게 돌려야 하고 속도는 떠지며 내리막길로 내려갈 때는 발디디개를 쓰지 않아도 속도가 점점 커진다. 이것은 무엇때문인가?
3. 마찰이 있으면 력학적에네르기보존의 법칙이 맞지 않는다. 왜 그런가?
4. 탁구공을 책상우에 떨구었을 때 튀여난 공이 본래 높이까지 오르지 못하고 튀여오르는 높이가 점점 낮아진다. 왜 그런가? 어떤 높이에서 떨어지는 탁구공을 그 높이보다 더 높이 튀여오르게 하려면 탁구공을 어떻게 떨어뜨려야 하겠는가? 운동에네르기와 자리에네르기가 서로 전환되는 법칙에 근거하여 그렇게 떨어뜨리는 리유를 설명하여라.

그림 6-19

제5절. 여러가지 에네르기

자동차는 휘발유나 디젤유가 탈 때 나오는 열로 일하는 기계이며 무궤도전차와 전기기관차는 전기로 일하는 기계이다.

이와 같이 열이나 전기도 일할수 있으므로 에네르기를 가진다. 이것은 에네르기에는 력학적에네르기외에 또 다른 형태의 에네르기가 있다는것을 의미한다.

에네르기에는 어떤 형태들이 더 있는가를 알아보자.

내부에네르기

? 바닥에 멎어있는 물체는 일을 할수 없는가.

○ 플라스크에 물을 넣고 마개를 막은 다음 알콜등으로 물을 끓인다. 물의 온도가 높아지면서 마개가 튀여난다.(그림 6-20)

○ 가마에 물을 넣고 세차게 끓이면서 가마뚜껑을 살펴본다. 가마뚜껑이 들썽거린다.

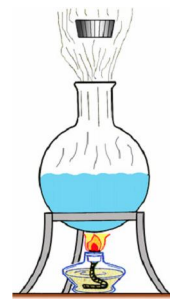



그림 6-20. 물체의 내부에네르기는 온도가 높을수록 커진다

이 실험을 통하여 무엇을 알수 있는가.

물이 끓을 때 마개를 튀여나게 하거나 가마뚜껑을 들어올리는 일을 한다는것을 알수 있다.

이 일은 물이 어떤 속도로 운동하거나 자리가 낮아지면서 하는 일이 아니므로 력학적에네르기를 써서 하는것이 아니다.

물은 플라스크나 가마속에 멎어있어도 물을 이루고있는 물분자들은 온도에 따라 쉬임없이 무질서한 열운동을 한다. 그러므로 물은 물분자들이 열운동하기때문에 가지는 에네르기가 있다.

또한 물분자들사이에는 용수철로 이어진것처럼 끌힘과 밀힘이 작용한다. 그러므로 물분자들은 서로 끌거나 미는 호상작용에 의한 자리에네르기를 가진다.

끓는 물이 마개를 튀여나게 하거나 가마뚜껑을 들어올리는것은 바로 물분자들의 열운동에네르기와 물분자들사이의 호상작용에 의한 자리에네르기가 하는 일이다.

물체를 이루는 분자들의 무질서한 운동에 의한 열운동에네르기와 호상작용에 의한 포텐샬에네르기의 합을 그 물체의 **내부에네르기**라고 부른다.

전기에네르기

전기는 전열기에서 열을 내는데 리용된다.

또한 전기는 콤퓨터를 동작시키고 전차를 움직이며 선풍기를 돌리는데 리용된다.(그림 6-21)

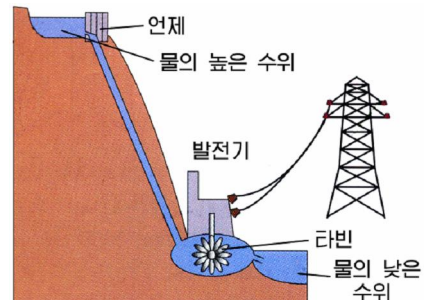
이처럼 전기는 열도 내고 일도 할수 있으므로 에네르기를 가진다.

그림 6-21. 전기는 기계를 움직인다

전기는 발전소들에서 생산한다. 수력발전소에서는 높은 곳의 물을 아래로 떨구어 타빈을 돌리고 이것이 발전기를 돌려 전기를 일으킨다.(그림 6-22)

화력발전소에서는 석탄이나 원유를 태워 나온 열로 물을 덥히고 이때 생기는 빠른 속도의 수증기로 타빈을 돌리고 이것이 발전기를 돌려 전기를 생산한다.

그림 6-22. 수력발전소

전기에네르기는 무엇으로 재는가.

전기에네르기도 다른 에네르기와 마찬가지로 그것이 하는 일의 크기나 그것이 내는 열량으로 잰다. 그러므로 전기에네르기의 측정단위는 1J이다.

발전소에서 얼마만한 전기를 생산하는가 하는것은 흔히 kW·h(키로와트-시)로 표시한다.

례를 들어 발전능력이 50 000kW인 대형발전기가 하루에 생산하는 전기에네르기는 다음과 같다.

$$전기에네르기 = 50\,000kW \times 24h = 1\,200\,000kW \cdot h$$

전기에네르기=전력×전기가 일한 시간

$$E = P \times t$$

빛에네르기

빛이 에네르기를 가지는가.

물체가 해빛을 받으면 뜨거워진다. 이것은 빛에 의하여 열이 생긴다는것을 보여준다.

한쪽 면은 검고 다른쪽 면은 흰 4개의 판이 달린 돌개가 들어있는 복사계에 빛을 쪼이면 돌개가 돌아간다. 이것은 빛이 일을 한다는것을 보여준다.(그림 6-23)

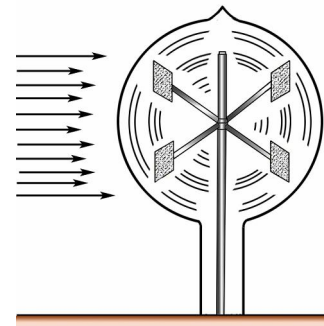



그림 6-23. 빛은 복사계의 돌개를 돌리는 일을 한다

빛가운데서 태양빛이 가지고있는 에네르기는 매우 크다. 태양빛이 내는 열을 리용하여 물을 덥혀 열난방(태양열난방)을 할수도 있고 태양열목욕탕을 만들수도 있다.(그림 6-24)

빛전지에 빛을 쪼이면 검류계의 바늘이 움직인다. 빛전지들은 여러가지 전기장치들의 전원으로 널리 쓰이고있다.(그림 6-25)

특히 인공위성이나 우주비행선들에서는 빛전지로 전원문제를 해결하고있다.(그림 6-26)

그림 6-24. 태양에네르기 리용

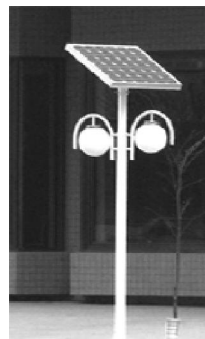



그림 6-25. 빛전지를 리용한 가로등

그림 6-26. 빛전지를 리용한 인공지구위성

1. 다음 글에서 틀린것을 찾고 그 근거를 밝혀라.
   ㄱ) 운동하고있는 물체는 운동에네르기만을 가진다.
   ㄴ) 높은 곳에 있는 물체는 자리에네르기만을 가진다.
   ㄷ) 얼음과 같이 찬 물체에는 내부에네르기가 없다.
2. 찬물과 더운물은 같은 분자들로 이루어져있다. 질량이 같은 더운물과 찬물의 내부에네르기는 같겠는가? 왜 그런가?
3. 그림 6-27과 같이 서로 마찰하면 통(물체)의 내부에네르기는 어떻게 변하겠는가를 실험으로 알아보고 왜 그런가를 설명하여라.
4. 전기곤로의 열효률이 60%일 때 1kW·h의 전기에네르기로 얼마만한 물을 20℃에서 100℃까지 덥힐수 있겠는가?
5. 빛이 에네르기를 가지고있다는것을 어떻게 알수 있는가? 실례를 4개이상 들어보아라.

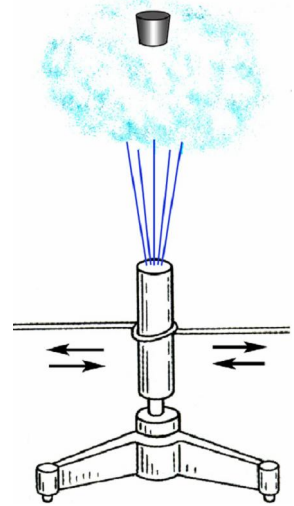



그림 6-27

제6절. 에네르기의 전환과 보존

위대한 령도자 **김정일**대원수님께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《…우리 나라의 실정에 맞는 수력발전소, 화력발전소, 원자력발전소를 건설하는데서 나서는 과학기술적문제를 풀도록 하여야 합니다.》

우리 나라에는 위대한 장군님의 유훈을 높이 받들고 이르는 곳마다에 대규모발전소들과 중소규모의 발전소들이 수많이 건설되고있다.

자연에는 력학적에네르기, 내부에네르기, 전기에네르기, 빛에네르기 등 여러가지 형태의 에네르기들이 있다.

이 에네르기는 서로 어떻게 전환되는가.

에네르기전환과 리용

수력발전소의 언제에 고여있던 물은 아래로 떨어지면서 타빈을 돌려 전기를 생산한다.

이것은 물의 력학적에네르기가 전기에네르기로 전환된다는것을 보여준다.

전기에네르기는 양수기를 돌려 물을 높은데로 끌어올리거나 선풍기를 돌리고 다리미나 곤로에서 열을 내며 전등과 콤퓨터, TV에서 밝은 빛과 화면을 펼친다. 이때에는 전기에네르기가 력학적에네르기와 내부에네르기, 빛에네르기로 전환된다. (그림 6-28)

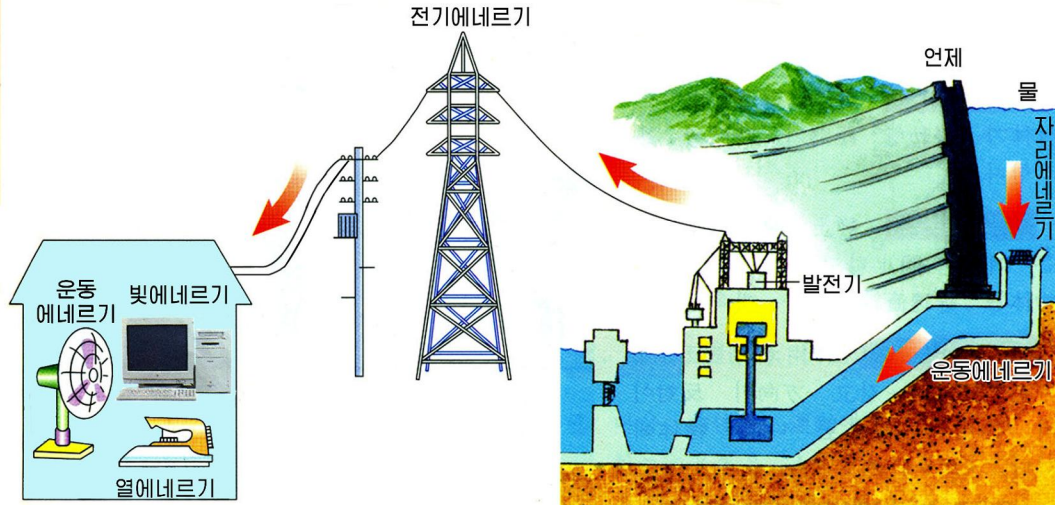



그림 6-28. 에네르기의 전환

화력발전소에서는 연료를 태워서 얻은 열로 물을 가열하고 이때 생긴 수증기로 타빈을 돌리고 이것이 발전기를 돌려 전기를 생산한다.(그림 6-29) 이때 석탄이 타면서 나오는 화학에네르기가 물의 열에네르기로, 그것이 타빈의 력학적에네르기로 전환되고 이것이 다시 발전기에서 전기에네르기로 전환된다.

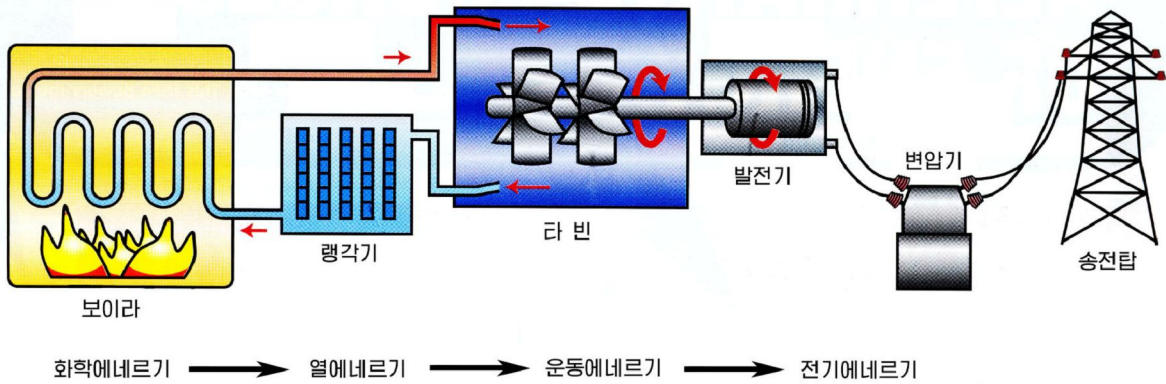



그림 6-29. 전기에네르기에로의 전환과정

이와 같이 <u>에네르기는 한 형태로부터 다른 형태로 전환된다.</u>

우리가 에네르기를 리용하는것은 한 형태의 에네르기를 쓸모있는 다른 형태의 에네르기로 전환시키는 과정이다.

실례로 바람의 운동에네르기를 전기에네르기로 전환시키는 풍력발전소(그림 6-30), 땅속에 있는 열(지열)을 써서 전기를 생산하는 지열발전소(그림 6-31), 파도의 힘을 리용하여 전기를 얻는 파도발전소(그림 6-32), 바다물의 밀물과 썰물을 리용하여 전기를 얻는 조수력발전소를 들수 있다. 또한 원자가 가지고있는 에네르기로 전기를 생산하는 원자력발전소가 있다.

그림 6-30. 풍력발전소

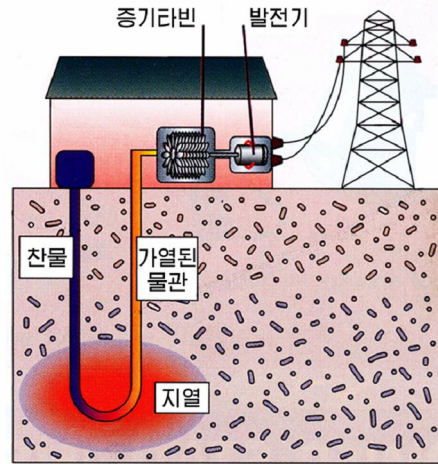



그림 6-31. 지열발전소

많은 경우 력학적에네르기나 내부에네르기(열)를 그대로 쓰지 않고 그것들을 전기에네르기로 전환시켜 리용한다. 그것은 전기에네르기는 쓸모가 많고 다른 형태로 전환시키기도 쉬우며 리용하기 편리하기때문이다.

그림 6-32. 파도발전소

이처럼 리용가치가 많은 전기에네르기를 많이 얻자면 자연에 숨어있는 에네르기를 깡그리 찾아서 이르는 곳마다에 크고 작은 발전소들을 많이 건설하여야 한다.

생각하기 에네르기가 한 형태에서 다른 형태에로 전환되는 실례들을 매개 경우에 들어보아라.(그림 6-33)

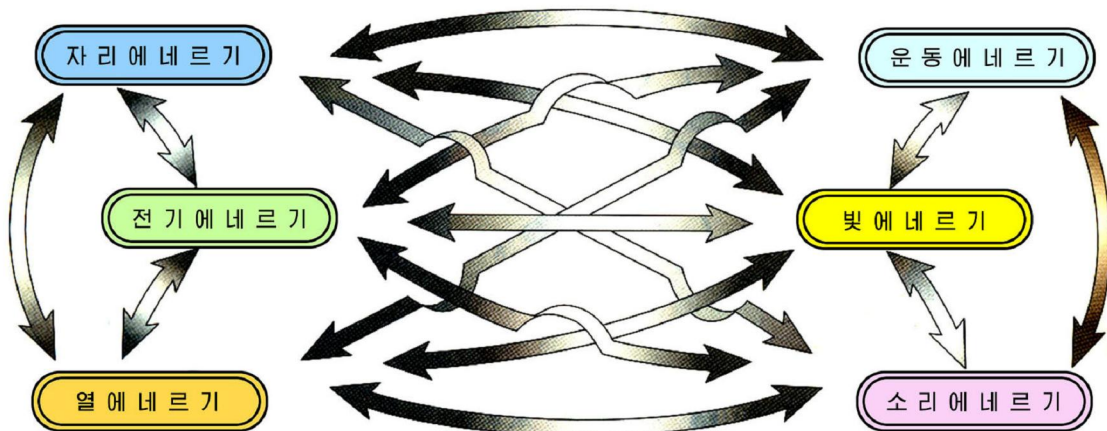



그림 6-33. 여러가지 에네르기의 호상전환

에네르기보존법칙

우리는 마찰이 없을 때 력학적에네르기가 보존된다는것을 알고있다. 그러나 마찰이 있으면 력학적에네르기는 점점 줄어든다. 실레로 한번 기울였다가 놓아준 흔들이는 진폭이 점점 줄어들다가 나중에는 멎어버린다. 이때 흔들이가 가지고있던 처음 력학적에네르기는 온데간데없이 사라져버리겠는가.

손바닥을 마주 대고 비비면 손바닥이 더워진다.

이것은 마찰에 의하여 물체의 온도가 높아지고 따라서 물체의 내부에네르기가 증가한다는것을 의미한다.

마찬가지로 흔들이가 진동할 때 추와 공기와의 마찰에 의하여 추와 공기의 온도가 높아진다.

즉 마찰이 있으면 력학적에네르기가 내부에네르기로 전환된다. 이때 흔들이의 력학적에네르기뿐아니라 내부에네르기까지 재여보면 에네르기의 총합은 언제나 일정하다는것을 알수 있다.

이 관계는 어떤 형태의 에네르기전환에서나 다 성립한다. 즉 력학적에네르기가 전기에네르기로 전환될 때나 전기에네르기가 내부에네르기 또는 빛에네르기로 전환될 때에도 에네르기총량은 변하지 않고 일정하게 보존된다.

에네르기는 한 형태로부터 다른 형태로 전환될수는 있으나 새로 생겨나거나 없어지지 않고 보존된다. 이것을 **에네르기보존법칙**이라고 부른다.

※ 에네르기의 보존법칙에 의하면 외부에서 에네르기를 계속 대주지 않고 한번 준 에네르기를 가지고 영원히 돌아가는 기계(이런 기계를 《영구기관》이라고 부른다.)를 만들수 없다. 그것은 기계가 일을 하면서 에네르기가 소비되기때문이다.

에네르기보존법칙은 물리학뿐만아니라 모든 과학기술분야에서 기초로 되는 가장 중요한 자연법칙의 하나이다.

문 제

1. 《영구기관》을 만들수 없다. 이것을 에네르기의 보존법칙이라고 말할수 있는가? 왜 그런가?
2. 수도물을 절약하는것은 곧 전기에네르기를 절약하는것으로 된다. 왜 그런가?
3. 태양빛을 받으면 물이 수증기로 날아난다.(그림 6-34) 이때 태양의 에네르기는 어떻게 되는가?

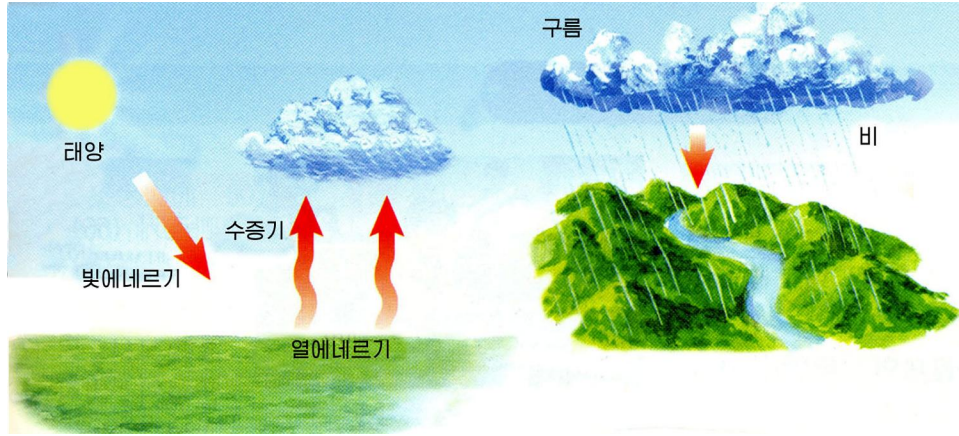



그림 6-34

4. 그림 6-35에서 빈 자리에 알맞는 내용을 써넣고 에네르기의 전환에 대하여 설명하여라.

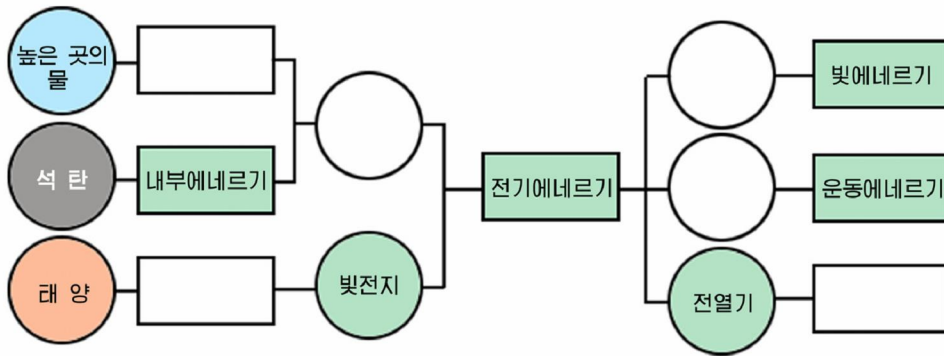



그림 6-35

5. 600W의 전열기를 1h동안 쓸수 있는 전기에네르기를 얻자면 물이 떨어지는 높이가 100m인 수력발전소에서 적어도 얼마의 물을 흘려보내야 하겠는가? 이 문제풀이에서 에네르기보존법칙이 어떻게 응용되는가?

문제: 자연계에서 태양에네르기가 어떤 형태의 에네르기로 전환되는가 알아보아라.

방향:
- 강과 호수, 바다, 땅걸면에서 물이 증발하여 구름을 형성하는 과정에 어떤 형태의 에네르기로 전환되는가?
- 땅걸면과 바다에서 바람이 불고 파도가 치는 과정에 어떤 형태의 에네르기로 전환되는가?
- 석탄과 원유가 형성되는 과정에 어떤 형태의 에네르기로 전환되는가?
- 물의 락차, 바람을 리용하여 전기를 생산하고 그에 의해서 기차와 궤도전차가 달리고 공장의 기계들이 움직이는 과정에 어떤 형태의 에네르기로 전환되는가?

복습문제

1. 높은 곳에 있는 물체가 300J의 자리에네르기를 가지고있다. 이 물체가 땅에 떨어질 때 얼마만한 일을 하겠는가?

(**답**. 300J)

2. 밀차가 96J의 운동에네르기를 가지고 운동하다가 멎어있는 물체를 밀고 45cm 더 가서 멎었다. 밀차가 물체를 미는 힘은 얼마인가?

(**답**. 213N)

3. 무게가 600N인 물체를 15m의 높이에서 5m의 높이까지 내려왔다. 자리에네르기가 얼마나 변하였는가?

(**답**. 6kJ 만큼 줄었다.)

4. 질량이 50kg인 철덩어리가 땅에 닿는 순간의 운동에네르기는 2 500J이다. 이 물체는 얼마만한 높이에서 떨어졌는가?

(**답**. 5.1m)

5. 질량이 0.1kg인 물체를 드림선우로 던졌다. 5m 높이에 이르렀을 때 물체의 속도가 0이였다면 이 물체의 자리에네르기는 얼마인가?

(**답**. 4.9J)

6. 망치로 못을 박을 때 운동하던 망치가 못에 부딪쳐 50N의 힘으로 못을 40mm 만큼 박고 멎었다. 망치의 처음운동에네르기는 얼마인가?

(**답**. 2J)

7. 드림선우로 던진 0.5kg의 물체가 10m 높이에서 50J의 력학적에네르기를 가진다. 이 자리에서 물체의 운동에네르기는 얼마인가?

(**답**. 1J)

8. 높이 120m인 폭포에서 떨어진 물의 력학적에네르기를 모두 그의 온도를 높이는데 썼다면 물의 온도는 몇℃ 올라가겠는가?

9. 그림 6-36과 같이 길이가 1m인 실끝에 금속구를 매달고 그것을 수평으로 들었다놓았다. 금속구가 드림선을 지나는 순간의 운동에네르기가 50J이다. 금속구의 무게를 구하여라.

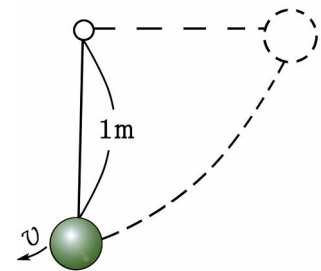



그림 6-36

(**답**. 50N)

10. 질량이 같은 압축된 기체와 압축되지 않은 기체가운데서 어느것의 내부에네르기가 크겠는가?(이때 온도는 같다고 생각하여라.)

11. 병에 방안온도와 같은 물을 절반쯤 채워넣은 다음 마개를 막고 병을 몇min동안 흔든다. 물의 온도가 방안온도와 같겠는가? 왜 그런가?

12. 수력발전소에서 전기를 생산하는 과정을 에네르기보존의 법칙으로 설명하여라. 1s동안 $40m^3$의 물이 25m 높이에서 떨어지는 물로 전기를 생산하는 발전소의 효률이 80%라면 이 발전소의 발전능력은 얼마인가?

(답. 7 840kW)

13. 수소를 채운 고무풍선이 공중에 올라가 터졌다. 풍선이 공중으로 올라갈 때의 에네르기는 어디서 얻으며 터졌을 때에는 그 에네르기가 어디로 가는가?

14. 에네르기의 보존법칙을 다음과 같이 말할수 있는가?
   ㄱ) 물체의 운동에네르기와 중력의 자리에네르기의 합은 늘 일정하다.
   ㄴ) 물체의 력학적에네르기와 내부에네르기의 합은 늘 일정하다.
   ㄷ) 에네르기는 새로 생기지도 않고 없어지지도 않는다.
   ㄹ) 한 형태의 에네르기는 다른 형태의 에네르기로 넘어갈수 있으나 그들의 합은 늘 일정하다.

15. 력학적에네르기의 보존법칙은 어떤 경우에만 옳은가? 실례를 들어 설명하여라.

16. 드림선우로 던진 물체가 얼마만한 속도일 때 가장 큰 중력의 자리에네르기를 가지겠는가?

17. 화력발전소에서 전기를 생산하는 과정을 에네르기보존의 법칙으로 설명하여라. 효률이 25%인 증기타빈으로 발전기를 돌려 전기를 생산하는 화력발전소에서 10만kW의 전력을 얻자면 1h동안에 몇t의 무연탄이 드는가? 무연탄의 발열량은 3.4×10^7J/kg이다.

(답. 약 42t)

18. 전등이 내는 빛도 결국 태양에네르기로부터 얻어진것이다. 태양에네르기가 어떤 에네르기전환단계를 거쳐 전등빛으로 전환되였는가를 설명하여라.

19. 어느 한 소형수력발전소에서는 1s동안에 $0.3m^3$의 물이 3m 높이에서 떨어지면서 전기를 일으킨다. 발전소의 효률이 80%라면 이 발전소에서 나오는 전력으로 18W짜리 콤팍트전등 몇개를 이어 쓸수 있겠는가?

(답. 392개)

실 험

1. 내준 열량과 받은 열량의 비교

목 적

이 실험에서는 더운물과 찬물을 섞었을 때 평형온도를 재여 더운물이 내보낸 열량과 찬물이 받는 열량이 같은가를 알아본다.

기초지식

가열한 물을 열량계에 있는 물에 섞어 평형을 이루게 한다고 하자. 열량계통의 질량을 m_1, 그 통속에 들어있는 찬물의 질량을 m_2, 처음온도를 t_1, 평형온도를 t 라고 하면 찬 물체가 받은 열량 $Q_{찬}$은 열량계가 받은 열량 Q_1와 찬물이 받은 열량 Q_2의 합과 같다. 즉

$$Q_{찬} = Q_1 + Q_2$$

$$Q_{찬} = c_1 m_1 (t - t_1) + c_2 m_2 (t - t_1) \qquad (1)$$

여기서 c_1와 c_2은 각각 열량계통과 물의 비열이다.

더운물의 질량을 m_3, 처음온도를 t_2, 평형온도를 t 라고 하면 더운물이 내준 열량 $Q_{더}$는 다음과 같다.

$$Q_{더} = c_2 m_3 (t_2 - t) \qquad (2)$$

이 실험에서는 m_1, m_2, m_3, t_1, t_2, t 를 측정하여 식 1과 식 2가 같은가를 알아본다.

열량계의 구조와 다루는 법

열량계는 그속에 넣은 물체와 물이 주고받는 열량을 재는데 쓰이는 기구이다.

구 조

① 열량계통(속통)-얇은 금속판을 원기둥모양으로 만든다.

② 겉통-열을 잘 흘려보내지 않는 나무나 수지로 만든다. 속통과 겉통은 벽과 바닥이 직접 닿지 않게 되여있다.

③ 뚜껑-겉통을 덮은 뚜껑에는 온도계와 젓개를 꽂는 구멍들이 있다.

다루는 법

① 열량계통속에 넣는 물의 량은 가열된 물체가 잠겼을 때 물이 넘어나지 않을 정도로 될수록 많이 넣는것이 좋다.

② 가열한 물체를 열량계통속에 넣을 때 열손실을 줄이기 위하여 가열장치를 될수록 열량계가까이에 가져다놓고 재빨리 넣어야 하며 이때 물이 튀여나오지 않게 하여야 한다.

③ 열량계통속의 물의 처음온도는 방안온도보다 조금 낮게 하며 마지막 평형온도는 조금 높아지게 하는것이 좋다.

④ 실험도중에 필요없이 뚜껑을 열지 말아야 하며 평형온도를 잴 때에는 젓개로 물을 잘 저어주면서 뚜껑을 닫은 상태에서 측정한다.

기구 및 재료

열량계, 비커(또는 금속가열통), 온도계(2개), 메스실린더, 알콜등, 쇠그물, 물그릇, 물, 성냥, 천평

실험방법

1) 열량계의 속통을 꺼내여 천평으로 질량 m_1을 측정한 다음 제자리에 놓는다.
2) 찬물의 질량 m_2을 메스실린더로 재서 열량계안에 넣는다. 그리고 열량계뚜껑을 닫은 다음 온도계를 넣어 물의 온도 t_1를 측정한다.
3) 더운물의 질량 m_3을 메스실린더로 재여 비커(또는 금속가열통)에 붓고 알콜등으로 덥힌다. 열량계속에 넣는 물의 량은 물이 넘어나지 않을 정도로 될수록 많이 넣는것이 좋으므로 열량계통의 용량에 따라 물의 량을 정한다.
4) 젓개로 물을 저으면서 더운물의 온도 t_2을 잰다.(그림 1) 온도계는 가열통의 바닥이나 벽에 붙지 않도록 설치하며 덥힌 물의 온도와 방안온도와의 차를 너무 크게 하지 말아야 한다.

그림 1. 열평형알아보기 실험장치

5) 더운물을 빨리 열량계통의 찬물속에 쏟아넣고 잘 저으면서 평형온도 t를 측정한다.

결과 및 분석

1) 측정결과를 다음의 표에 기록하고 찬 물체가 받은 열량과 더운물이 내준 열을 비교한다.

받은 열량							내준 열량				열량 비교
열량계통 m_1 [kg]	찬물 m_2 [kg]	처음온도 t_1 [°C]	평형온도 t [°C]	Q_1 [J]	Q_2 [J]	$Q_{찬} = Q_1 + Q_2$	더운물 m_3 [kg]	처음온도 t_2 [°C]	평형온도 t [°C]	$Q_{더}$ [J]	$\frac{Q_{더}}{Q_{찬}}$

2) 실험결과 두 열량의 비가 1로 되지 않았다면 그 원인이 무엇인가를 따지고 오차를 줄이기 위한 방도를 찾는다.

과 제

1. 실험에서 열량계통이 받은 열량을 무시했을 때 주고받는 열량을 비교해보아라. 그리고 열량계통이 받는 열량을 무시하자면 어떤 조건이 필요한가?
2. 우주에서 떨어지던 운석이 대기층을 지날 때 가열되여 작은 호수에 떨어졌는데 떨어진 자리에서 호수의 물이 모두 얼었다. 왜 그렇겠는가를 따져보아라.

2. 가열장치의 열효률 측정

목 적

이 실험에서는 알콜등으로 물을 덥힐 때의 열효률을 알아본다.

기초지식

알콜등으로 물을 덥힐 때 열효률을 어떻게 재겠는가. 알콜의 발열량을 $q = 2.72 \times 10^7$ J/kg이라고 하고 알콜을 태우기 전 알콜등의 질량을 m_1, 알콜을 태우고 불을 끈 다음 알콜등의 질량을 m_2이라고 하면 알콜이 탈 때 내는 열량은 다음과 같다.

$$Q_1 = q(m_1 - m_2) \tag{1}$$

물을 덥히는데 드는 열량은 물의 질량을 m, 처음온도와 마지막온도를 각각 t_1, t_2이라고 하면 다음과 같다.

$$Q_2 = cm(t_2 - t_1) \tag{2}$$

이때 열효률은 다음과 같이 표시된다.

$$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100\ \% = \frac{cm(t_2 - t_1)}{q(m_1 - m_2)} \times 100\ \%$$

이로부터 물의 비열 c, 알콜의 발열량 q를 알고 물의 질량, 처음온도와 마지막온도 그리고 태운 알콜의 질량을 측정하면 열효률을 결정할수 있다.

기구 및 재료

알콜등, 고정대, 비커(또는 금속가열통), 천평과 분동, 온도계, 메스실린더, 물, 성냥

실험방법

1) 메스실린더로 물의 질량 m을 재여 비커에 부어넣고 덥히기 전의 물의 온도 t_1를 잰다.
2) 천평으로 뚜껑을 닫은 알콜등의 전체 질량 m_1를 잰다.
3) 알콜등으로 비커속의 물을 덥힌다. 물을 젓개로 저으면서 더워진 물의 온도 t_2을 재고 알콜등의 불을 끈다. 물의 온도는 너무 높지 말아야 한다.(50℃정도로 하는것이 좋다.)
4) 알콜등의 뚜껑을 닫은채로 전체 질량 m_2을 천평으로 측정한다.(그림 2)

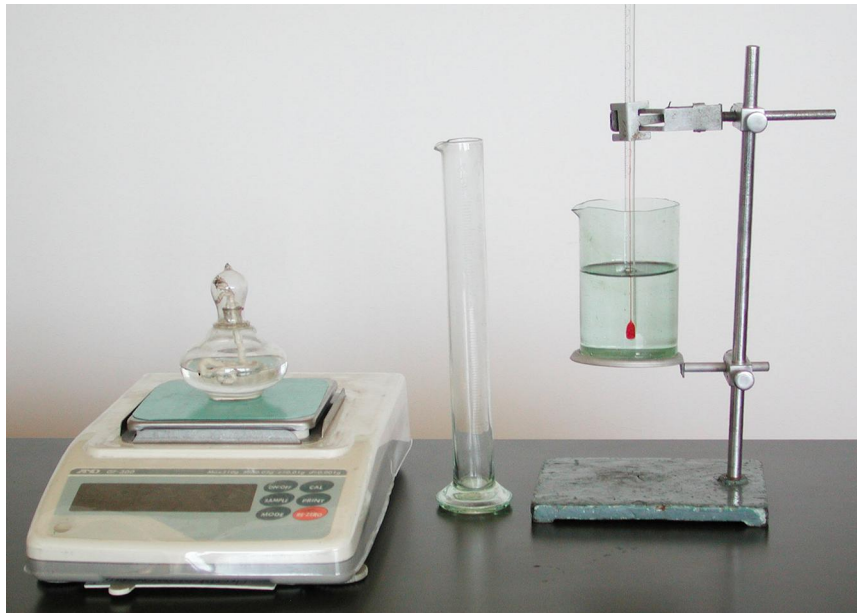



그림 2. 열효률측정 실험장치

결과 및 분석

1) 측정된 값들을 표에 기록하고 열효률을 계산한다.

실험번호	물				알콜등			$\eta = \frac{Q_2}{Q_1} \times 100$
	질량 m [kg]	처음온도 t_1 [℃]	마감온도 t_2 [℃]	Q_2 [J]	처음질량 m_1 [kg]	마감질량 m_2 [kg]	Q_1 [J]	
⋮								

2) 알콜등으로 물을 덥힐 때 열량이 어디에서 잃어졌는가를 따지고 열효률을 높이기 위하여 가열장치를 개조하기 위한 방도를 찾는다.

과 제

1. 동이나 알루미니움으로 된 금속통대신 유리비커에 물을 넣고 덥히면 열효률이 커지겠는가, 작아지겠는가? 그 리유를 설명하여라.
2. 석유곤로나 아궁에서 열효률을 높이기 위한 방도를 찾아보아라.

3. 전류의 세기와 전압측정

목 적

이 실험에서는 전기회로에서 전류의 세기와 전압을 재는 방법을 익힌다.

기초지식

전기회로구성법

첫째로, 전기회로를 만들 때에는 먼저 직렬요소를 련결하고 다음에 병렬요소를 련결한다.

둘째로, 스위치는 열어놓은 상태에서 련결하며 련결도선은 충분한 굵기를 보장하여야 하며 될수록 짧게 해야 한다.

셋째로, 회로에 저항이나 전압을 조절하는 요소들이 있는 경우에는 저항값은 최대로, 전압값은 최소로 되게 조절하고 회로에 이어야 한다.

넷째로, 전원은 제일 마지막에 련결한다.

다섯째로, 스위치는 전기회로가 바로 되였는가를 확인하고 닫아야 한다.

여섯째로, 회로를 해체할 때에는 전원을 끄고 전원으로부터 련결선과 요소들을 해체한다.

전류계사용법

첫째로, 전기회로에 흐르는 전류의 세기를 잴 때에는 반드시 부하에 전류계를 직렬로 련결해야 한다. 만일 병렬로 이으면 전류계의 내부저항이 작으므로 큰 단락전류가 흘러 계기가 못쓰게 된다.

둘째로, 직류계기는 계기의 극성을 따져보고 련결해야 한다. 직류회로에서는 전원의 +단자로부터 전기회로를 걸쳐 전원의 −단자에로 전류가 흐르므로 전류흐름길을 따져보고 전류계의 +단자로는 전류가 들어가도록, −단자로는 전류가 흘러나오도록 련결하여야 한다.

셋째로, 전류계의 령눈금이 정확히 맞는가를 확인하고 맞지 않을 때에는 령눈금조절기를 돌려 맞추어야 한다.

넷째로, 단자가 여러개인 경우에는 선택한 단자에 대한 눈금읽는 법을 알아야 하며 측정범위가 큰쪽부터 선택하여 련결하고 눈금감도가 작으면 점차 측정범위

가 낮은쪽으로 옮기면서 련결해야 한다.

다섯째로, 스위치를 닫았을 때 계기의 바늘이 반대쪽으로 움직이면 계기단자의 극성이 바뀌여 련결되였으므로 스위치를 열고 극성을 바꾸어 련결해야 한다.

전류계의 내부저항은 작을수록 회로에 영향을 주지 않는다.

전압계사용법

첫째로, 전압계는 재려는 전기요소의 두 점사이에 병렬로 련결한다.

직류회로에서는 전원의 ＋극에 이어진 전기요소의 점에는 전압계의 ＋단자를 잇고 전원의 －극에 이어진 점에는 전압계의 －단자를 잇는다.

둘째로, 전압계의 단자가 여러개인 경우는 재려는 전압이 대략 얼마인가에 따라 알맞는 단자를 선택하여 잇는다.

전압계는 될수록 내부저항이 커야 회로에 영향을 주지 않는다.

기구 및 재료

직류전원(3V), 직류전류계(1A), 직류전압계(3V), 스위치, 작은 전등(3V), 저항(5Ω), 련결선

실험방법

1) 그림 3의 ㄱ와 같이 전원, 작은 전등, 전류계, 스위치를 련결도선으로 이어 전기회로를 만든다.
2) 회로가 제대로 구성되였는가를 따져본 다음 전원장치의 전압조절손잡이를 왼쪽으로 돌려 최소상태에 놓는다.
3) 스위치를 닫고 전압조절손잡이를 천천히 움직이면서 작은 전등이 천천히 밝아진 다음(3V이상 올리지 말아야 한다.) 작은 전등에 흐르는 전류의 세기를 측정한다.
4) 스위치를 열고 그림 3의 ㄴ와 같이 회로를 구성한 다음 스위치를 닫고 작은 전등에 걸린 전압을 측정한다.
5) 스위치를 열고 그림 3의 ㄷ와 같이 회로를 구성하고 전류의 세기와 전압을 동시에 측정한다.
6) 작은 전등대신 저항을 련결하고 우와 같은 실험(그림 3의 ㄱ, ㄴ, ㄷ)을 반복한다.
7) 실험이 끝나면 먼저 전원을 끄고 회로를 해체한다.

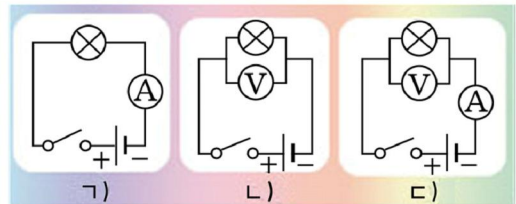
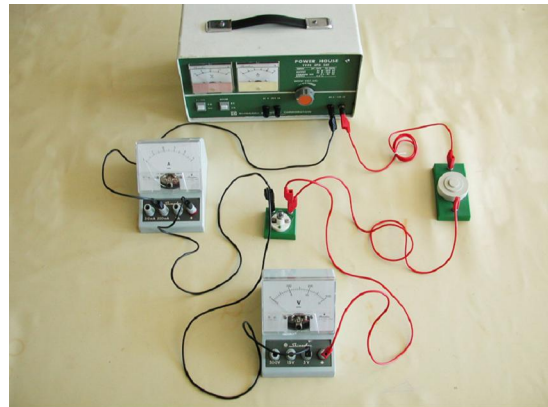



그림 3. 전류의 세기와 전압을 측정하기 위한 전기회로

결과 및 분석

1) 측정값들을 표에 기록한다.

실험 번호	부하	따로따로 측정하였을 때		동시에 측정하였을 때	
		전류의 세기 I [A]	전압 U [V]	전류의 세기 I [A]	전압 U [V]
1	작은 전등				
2	저항				

2) 전류의 세기와 전압을 따로따로 측정할 때와 동시에 측정할 때의 측정값들을 비교하고 전기회로에서 전류의 세기와 전압을 측정할 때에는 어떻게 하는것이 편리한가를 밝힌다.

과 제

1. 그림 3에서 전류계를 전원과 스위치사이 또는 스위치와 전등사이에 이었을 때 전류의 세기는 같겠는가?
2. 그림 3의 ㄷ와 같은 회로에서 전압계를 작은 전등의 두 단자사이에 이을 때와 전원의 두 단자사이에 이을 때 측정값에서 어떤 차이가 있겠는가?
3. 꼭같은 작은 전등 2개를 병렬로 잇고 전압과 전류의 세기를 재면 1개를 이었을 때보다 어떤 차이가 있겠는가?

4. 옴의 법칙 알아보기

목 적

이 실험에서는 저항에 흐르는 전류의 세기가 전압에 비례한다는것을 확증한다.

기초지식

전류가 흐르는 부분회로에서 저항 R에 흐르는 전류의 세기 I는 거기에 걸린 전압 U에 비례한다. 이것이 옴의 법칙이다. 즉

$$I = kU$$

저항에 걸린 전압에 따르는 전류그라프를 그리면 직선이 되며 그의 경사진 정도(x축에 대한 y축 값의 비)로부터 비례결수 $k = I/U$ 를 구하면 $R = 1/k$ 로부터 저항을 결정할수 있다.

기구 및 재료

전원(직류6V), 직류전압계(6V), 직류전류계(2A), 저항 2개(5Ω ,10Ω), 스위치, 련결선, 방안지

실험방법

1) 그림 4와 같이 저항 1개를 가지고 전기회로를 만든다. 이때 전류계는 회로에 직렬로 잇고 전압계는 저항에 병렬로 이으며 전류계와 전압계의 +, -단자들은 반드시 전원단자의 극에 맞게 이어야 한다. 전원장치의 전압조절손잡이는 왼쪽으로 돌려 전압이 령이 되도록 한다.

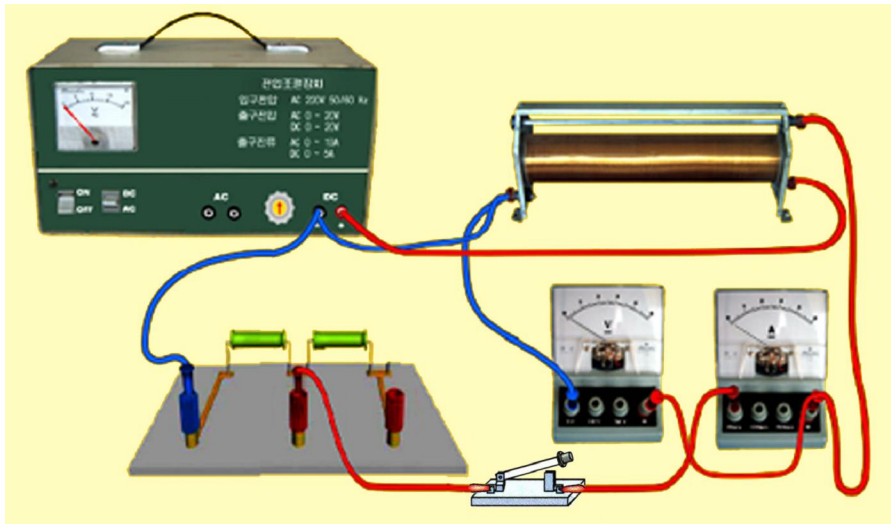



그림 4. 옴의 법칙을 알아보기 위한 전기회로

2) 회로의 정상상태를 확인한 다음 스위치를 닫고 전원전압조절손잡이를 오른쪽으로 천천히 돌려 전압이 1V, 2V, 3V…씩 저항에 걸릴 때마다 전류의 세기를 측정한다.
3) 전원전압조절손잡이를 왼쪽으로 돌려 전압이 령이 되게 한 다음 스위치를 열고 저항을 바꾼다. 그리고 우와 같은 실험을 반복한다.

결과 및 분석

1) 측정값들을 표에 기록하고 전압과 전류의 비를 계산한다.

실험번호	저항이 10Ω일 때			저항이 5Ω일 때		
	전압 U [V]	전류 I [A]	저항 $R=\frac{U}{I}$ [Ω]	전압 U [V]	전류 I [A]	저항 $R=\frac{U}{I}$ [Ω]
⋮						

2) 측정값에 기초하여 전류-전압그라프를 그리고 전류가 전압에 비례하는가를 따진다.(그림 5)

3) 저항값에 따라 그라프에서 무엇이 달라지는가를 따지고 비례결수 $k=I/U$ 를 그라프로부터 구하고 R 를 구한 다음 측정값들과 비교한다.

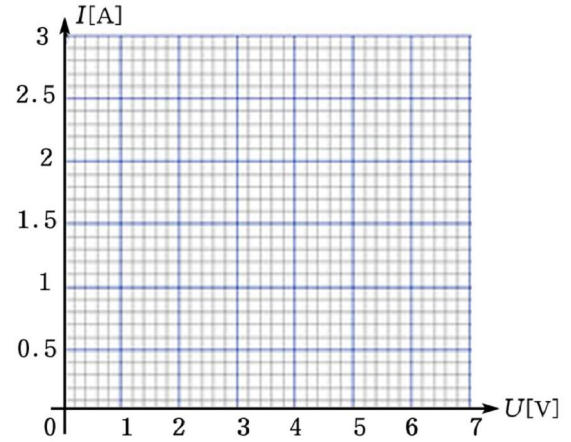



그림 5. 전압에 따르는 전류그라프

과 제

1. $R=U/I$ 식으로부터 도체의 저항은 전압에 비례하고 전류의 세기에 거꿀비례한다고 말할수 있는가?
2. 도체의 저항은 온도가 높아짐에 따라 커진다. 그러면 우의 실험에서 저항대신 작은 전등으로 바꾸었을 때 옴의 법칙이 성립하겠는가?

5. 직렬회로에서 전류의 세기와 전압 알아보기

목 적

이 실험에서는 도체가 직렬로 련결되였을 때 전류의 세기와 전압 그리고 저항이 어떠한가를 알아본다.

기초지식

두개의 도체가 직렬로 련결되였을 때 회로의 각 부분에서 흐르는 전류의 세기는 같다.

$$I=I_1=I_2 \tag{1}$$

매개 도체에 걸린 전압은 $U=IR$ 로서 저항에 비례하며 총 전압은 매개 도체에 걸린 전압의 합과 같다.

$$U=U_1+U_2 \tag{2}$$

그리고 직렬회로에서 총 저항은 매개 도체의 저항의 합과 같다.

$$R=R_1+R_2 \tag{3}$$

식 1, 2, 3은 전류계와 전압계를 리용하여 쉽게 확정할수 있다.

기구 및 재료

저압전원(직류 6V), 저항(5Ω, 10Ω), 직류전압계(6V), 직류전류계(2A), 스위치, 련결선

실험방법

1) 그림 6의 ㄱ와 같이 전원, 저항, 전류계, 스위치, 련결선으로 전기회로를 만든다. 그리고 전원장치의 전압조절손잡이를 왼쪽으로 최소로 돌려놓는다.

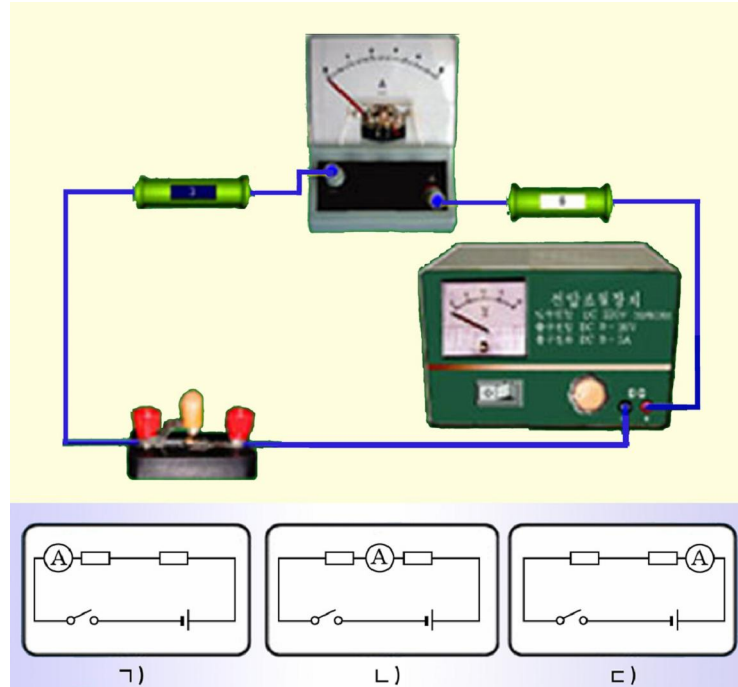



그림 6. 직렬련결된 회로에서 전류측정

2) 회로가 제대로 련결되였는가를 확인한 다음 스위치를 닫고 전류계를 살펴본 다음 그림 6의 ㄴ, ㄷ와 같이 전류계를 옮겨 이으면서 전류의 세기가 어떠한가를 알아본다. 전류계를 옮겨이을 때에는 스위치를 열고 저항에 직렬로 련결해야 하며 단자의 +, -극성을 확인해야 한다.
3) 그림 7의 ㄱ와 같이 전기회로를 만든다.

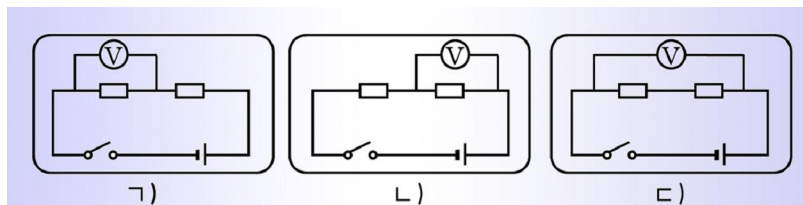



그림 7. 직렬련결된 회로에서 전압측정

4) 회로가 정확히 련결되였는가를 따져본 다음 스위치를 닫고 첫째 저항에 걸린 전압 U_1를 측정한다. 다음 둘째 저항에 걸린 전압 U_2(그림 7의 ㄴ), 두 저항에 걸린 전체 전압 U(그림 7의 ㄷ)를 측정한다.

5) 전원장치의 전압조절손잡이를 돌려 전압을 변화시키면서 실험 1－4의 과정을 반복한다.

결과 및 분석

1) 전류계를 옮겨가면서 측정한 전류의 세기를 비교하고 해당한 결론을 내린다.(I_1, I_2, I_3)

2) 측정된 값들을 표에 기록하고 계산한다.

실험 번호	전류의 세 기 I [A]	전 압[V]				저 항[Ω]			
		U_1	U_2	U	U_1+U_2	$R_1=\frac{U_1}{I}$	$R_2=\frac{U_2}{I}$	$R=\frac{U}{I}$	R_1+R_2
⋮									

3) 직렬련결한 두 저항 전체에 걸린 전압과 매개 저항에 걸린 전압의 합을 비교하고 해당한 결론을 내린다.

4) 직렬련결한 두 저항의 전체 저항 R와 매 저항의 합 R_1+R_2을 비교하고 해당한 결론을 내린다.

과 제

1. 그림 6의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 전류계를 따로따로 련결하지 않고 동시에 3개를 직렬로 련결하여 전류를 측정한다면 따로 련결하여 측정할 때와 무엇이 다르겠는가?

2. 겉모양과 크기가 꼭같은 두개 통이 있다. 한쪽 통에는 저항이 들어있고 다른 통에는 전지가 있다. 이것들사이에는 두 전기줄로 이어졌는데 가운데에 작은 전등이 직렬로 련결되여있다. 어느쪽에 전지가 들어있는지 나사돌리개 하나만 가지고 알아내는 방법을 찾아보아라.

3. 전기다리미의 니크롬줄에 전류가 흐르는가 흐르지 않는가를 쉽게 알아보기 위하여 전기다리미에 6V용 작은 전등을 련결하려고 한다. 전기다리미가 220V에서 동작하는 조건에서 자만을 가지고 작은 전등을 어떻게 설치하겠는가?

6. 병렬회로에서 전류의 세기와 전압 알아보기

목적

이 실험에서는 도체가 병렬로 련결되였을 때 전류의 세기, 전압 그리고 저항이 어떠한가를 알아본다.

기초지식. 두 도체를 병렬로 련결했을 때 (그림 8) 회로에 흐르는 전류의 세기, 전압 그리고 저항은 다음과 같다.

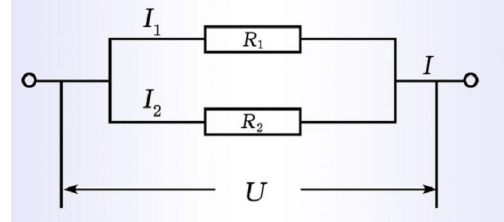



그림 8. 병렬회로에서 전류의 세기와 전압

$$I = I_1 + I_2 \tag{1}$$

$$U = U_1 = U_2 \tag{2}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \tag{3}$$

식 1, 2, 3의 관계를 확증하기 위하여 전류계는 병렬로 이은 매개 저항에 직렬로 이어야 하며 전압계는 병렬로 잇는다. 병렬회로에서 도체의 전체 저항은 $R = U/I$ 에 의하여 구할수 있다.

기구 및 재료

전원(직류 6V), 저항(5Ω, 10Ω), 직류전압계(6V), 직류전류계(2A), 스위치, 련결선

실험방법

1) 그림 9의 ㄱ와 같이 전기회로를 만든다. 전원장치의 전압조절손잡이를 왼쪽으로 최소로 돌려놓는다.
2) 회로가 제대로 련결되였는가를 확인한 다음 스위치를 닫고 전원장치의 전압조절손잡이를 천천히 돌려 5V정도로 되게 한 다음 첫번째 저항에 련결한 전압계의 눈금을 읽는다.
3) 그림 9의 ㄴ, ㄷ와 같이 전압계를 옮겨 련결하면서 매개 저항에 걸린 전압이 어떠한가를 확인한다. 옮겨 련결할 때에는 스위치를 열고 회로를 련결한 다음 닫아야 한다.

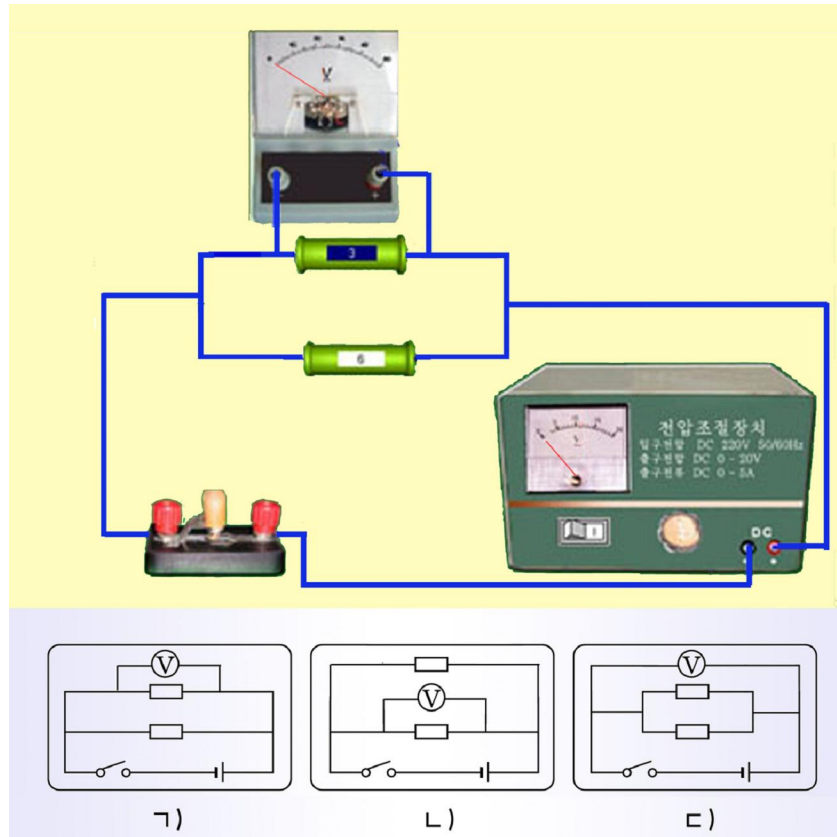



그림 9. 병렬련결된 회로에서 전압측정

4) 그림 10의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 전기회로를 만들고 전류계를 옮겨 련결하면서 첫째와 둘째 저항에 흐르는 전류의 세기 I_1, I_2 그리고 회로에 흐르는 전체 전류의 세기 I를 측정한다.

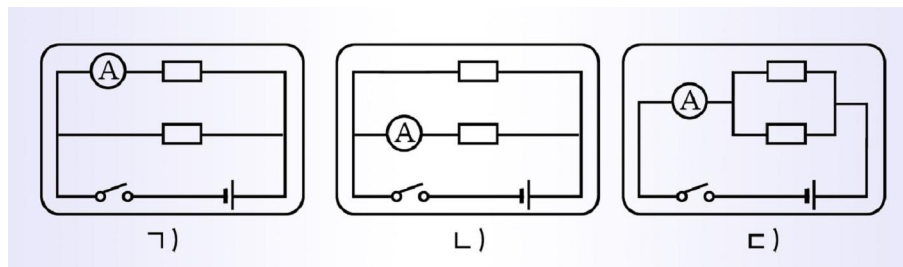



그림 10. 병렬련결된 회로에서 전류의 세기측정

5) 전원전압을 달리하면서 실험 1—4의 과정을 반복한다.

결과 및 분석

1) 그림 9의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 전압계를 옮겨 련결하면서 측정된 전압의 값이 어떠한가를 밝히고 해당한 결론을 밝힌다.

2) 그림 10의 ㄱ, ㄴ, ㄷ와 같이 측정된 값들을 표에 기록하고 계산한다.

실험 번호	전압 U [V]	전류의 세기[A]				저 항[Ω]			
		I_1	I_2	I	I_1+I_2	$R_1=\frac{U}{I_1}$	$R_2=\frac{U}{I_2}$	$R=\frac{U}{I}$	$R=\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}$
⋮									

3) 측정된 전체 전류의 세기 I와 매개 저항에 흐르는 전류의 세기 I_1+I_2을 비교하고 해당한 결론을 내린다.
4) 저항에 걸린 전압과 전체 전류에 의해 구한 전체 저항 R와 식 3에 의해 결정된 저항을 비교하고 해당한 결론을 내린다.

과 제

1. 직렬회로와 병렬회로에 대한 실험결과를 비교하고 다른 점을 밝혀라.
2. 건전지 1개, 작은 전등 1개, 스위치 2개를 가지고 회로를 구성하되 스위치 2개를 다 열면 불이 오고 닫으면 불이 오지 않는 회로를 만들어보아라.

7. 작은 전등의 전력측정

목 적

이 실험에서는 전압계와 전류계를 가지고 작은 전등의 전력을 측정하는 방법을 익힌다.

기초지식

모든 전기기구나 기계들은 정상적으로 동작하는데 필요한 전압과 소비전력(정격전력)이 규정되여있다. 전등의 정격전력을 측정하자면 전등에 표시된 정격전압만큼 전등에 전압을 걸어주고 전등에 흐르는 전류를 측정하면 식 $P_{정}=I_{정}\cdot U_{정}$ 에 의하여 구할수 있다.

정격전압보다 약간 높은 전압에 의해서는 전등의 밝기가 밝아지면서 시간이 오래 지속되지 않는 한 끊어지지는 않지만 충분히 높은 전압에 의해서는 인차 끊어진다. 실험에서는 정격전압인 때와 그보다 약간 높을 때와 낮을 때 소비전력을 비교한다.

기구 및 재료

전원(직류 6V), 직류전류계(1A), 직류전압계(6V), 작은 전등(6V) 2개, 스위치, 련결선

실험방법

1) 작은 전등에 표시된 정격전압이 얼마인가를 확인한 다음 그림 11과 같이 전원, 작은 전등, 전류계, 전압계, 스위치로 회로를 만든다.

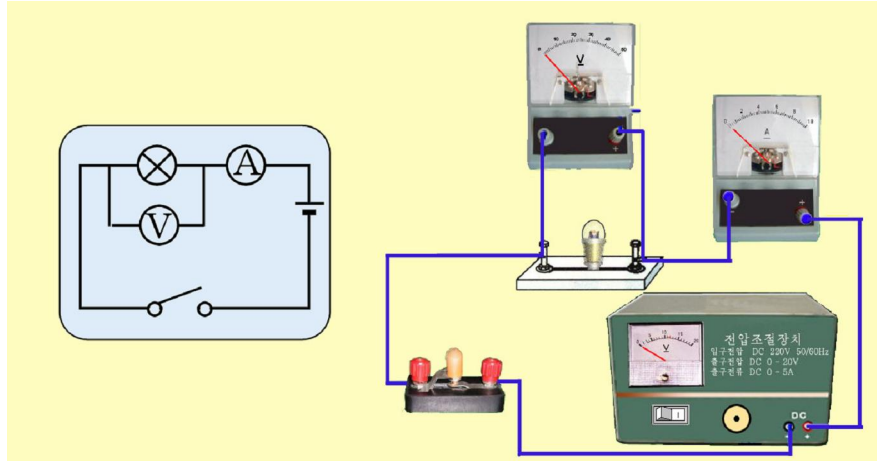



그림 11. 작은 전등의 전력을 측정하기 위한 실험회로

2) 전원장치의 전압조절손잡이를 왼쪽으로 돌려 전압이 령이 되게 한 다음 스위치를 닫는다.
3) 전압조절손잡이를 오른쪽으로 천천히 돌려 작은 전등에 정격전압을 준 다음 회로에 흐르는 전류의 세기를 측정한다. 작은 전등에 표시된 전등의 정격전압이 얼마인가에 따라 그에 맞게 정격전압을 걸어주어야 한다.
4) 작은 전등에 걸어주는 전압이 정격전압보다 1V정도 더 높이 걸어주었을 때와 1V 낮게 걸어주었을 때 회로에 흐르는 전류의 세기를 각각 측정한다.
5) 전원장치의 전압이 정격전압인 상태에서 스위치를 열고 꼭같은 작은 전등 한개를 본래의 작은 전등에 병렬로 잇고 스위치를 닫은 다음 전등의 밝기를 관측한다.
6) 같은 방법으로 작은 전등을 직렬로 이었을 때 전등의 밝기를 관측한다.

결과 및 분석

1) 측정값들을 표에 기록하고 전력을 구한다.

실험 번호	정격전압과의 관계	전 압 U [V]	전류의 세기 I [A]	전 력 $P=UI$
1	정격전압일 때			
2	정격전압보다 높을 때			
3	정격전압보다 낮을 때			

2) 작은 전등에서 소비되는 전력을 비교하고 정격전압보다 높거나 낮은 전압이 걸

릴 때 소비전력이 왜 변하는가를 따진다.

3) 회로에 걸어준 전압이 정격전압인 상태에서 작은 전등을 직렬로 이었을 때와 병렬로 이었을 때 전등의 밝기가 어떠한가를 비교하고 그 리유를 따진다.

과 제

1. 꼭같은 전등 두개를 직렬로 이은 상태에서 두 전등에 정격전력을 보장하자면 어떻게 하여야 하는가?
2. 작은 전등에 정격전압이 표시되지 않은 경우에 전등을 사용하자면 어떻게 하여야 하는가?
3. 실험에서 작은 전등에 걸린 전압과 전류로부터 저항을 계산하면 왜 값이 차이나는가?

8. 전기종의 동작 알아보기

목 적

이 실험에서는 전자석을 리용하여 만든 전기종의 구조와 동작원리를 알아본다.

기초지식

전기종은 전자석을 리용하여 만든 전기신호장치의 하나이다.

전기종은 전자석, 접촉나사, 튀개판, 망치, 종으로 되여있다. 스위치를 닫으면 전류는 전원의 ＋극, 스위치, 접촉나사, 튀개판, 전자석, 전원의 － 극의 순서로 흐른다. 이때 전자석이 자화되여 튀개판에 붙은 철편을 당기면 철편에 붙은 망치가 종을 때린다.(그림 12)

그림 12. 전기종의 동작원리를 알아보기 위한 장치

전자석이 철편을 당기면 철편에 붙은 튀개판이 접촉나사에서 떨어져 회로가 끊어진다.

전류가 흐르지 않으면 전자석의 자기힘이 없어지므로 철편을 당기지 못하고 튀개판을 놓아준다. 튀개판이 튕성에 의하여 처음자리로 돌아가 접촉나사에 닿으면 회로가 닫기고 망치는 다시 종을 때린다. 즉 이런 과정이 반복되면서 종은 계속 울린다.

기구 및 재료

전기종, 부분품들이 고정되여있는 판 , 전원(직류 3V), 스위치, 련결선, 나사

돌리개

실험방법

1) 전기종의 구조와 동작원리를 알아본 다음 그림 12와 같은 장치에서 나사돌리개로 접촉나사를 조절하여 접촉나사가 튀개판에 닿게 한다.
2) 전자석이 튀개판을 당길 때 튀개판이 접촉나사에서 떨어지면서 종을 때리도록 종, 튀개판, 전자석을 조절하고 나사들을 조인다.
3) 전원, 스위치, 련결선으로 접촉나사, 튀개판, 전자석의 선륜이 전원에 직렬로 련결되도록 전기회로를 만든다.
4) 스위치를 닫아 종을 울려본다. 이때 튀개판이 전자석에 끌려가면서 망치가 종을 때리는 과정을 살펴본다.
5) 튀개판이 전자석에 끌릴 때 접촉나사에서 떨어지면서 전기회로가 열리는 과정과 전기회로가 열릴 때 튀개가 다시 접촉나사에 가닿는 과정을 살펴본다.
   전원전압을 높이거나 낮추면서 전기종이 울리는 과정을 살펴본다.

결과 및 분석

1) 전기회로가 열릴 때와 닫길 때 전기종이 울리는 과정을 관측결과에 기초하여 쓴다.
2) 전압을 높이거나 낮출 때 왜 전기종이 나는 소리가 달라지는가를 밝힌다.

과 제

1. 실험에서 직류전원의 극성을 바꾸어도 전기종이 울리겠는가?
2. 접촉나사가 없거나 튀개판이 없다면 전기종은 어떻게 동작하겠는가?
3. 전자석대신 영구자석을 쓰면 안되겠는가?

9. 전자석계전기의 동작 알아보기

목 적

이 실험에서는 전자석계전기의 구조와 동작원리 그리고 전기장치의 원격조종 및 자동화회로의 기초를 알아본다.

기초지식

전자석계전기는 전자석을 리용하여 다른 전기회로를 자동적으로 여닫는 기구이다. 전자석의 선륜에 이어진 전기회로(1차회로)가 닫기면 전자석이 철편을 당겨 2차회로의 접점과 련결되게 함으로써 2차회로에 있는 전기기구를 동작하게 한다.(그림 13)

1차회로가 열리면 철편의 다른 끝을 당기고있는 용수철의 튐힘에 의하여 접점이 떨어져 2차회로가 열린다. 계전기의 1차회로를 닫을 때 2차회로가 열리게 할수도 있다. 전자석계전기의 1차회로를 길게 늘이면 전기기계들의 작업을 멀리에서 조종할수 있다.

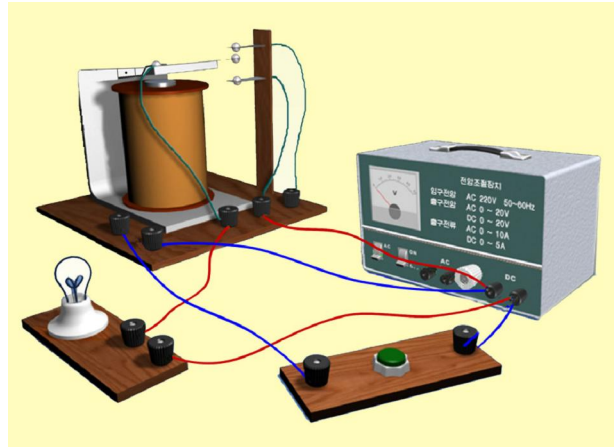



그림 13. 전자석계전기의 원리를 알아보기 위한 실험장치

기구 및 재료

전자석계전기, 직류전원(6V), 전등(6V), 스위치, 련결선, 전기종

실험방법

1) 그림 13과 같은 장치에서 1차회로와 2차회로를 따져보고 전자석계전기의 구조와 동작원리를 알아본다.
2) 1차회로가 닫겨 전류가 흐를 때 2차회로가 닫기도록 접점을 선택하고 회로를 련결한다. 1차회로의 스위치를 닫고 계전기를 동작시키면서 동작과정을 구체적으로 살펴본다.
3) 이번에는 1차회로가 닫길 때 2차회로가 열리도록 접점을 선택하고 우와 같은 방법으로 실험을 반복한다.
4) 2차회로에서 전등이 꺼질 때 전기종이 울리고 전등이 켜질 때 전기종이 멎는 회로를 구성하고 동작시켜본다.

결과 및 분석

실험 2, 3, 4에서 관측된 매 경우의 1차회로와 2차회로를 그리고 어떤 흐름길을 따라 전기회로가 닫기거나 열리는가를 따진다.

과 제

1. 전자석계전기는 어떤 작용을 하며 1차회로의 스위치대신 어떤 원인에 의해 자동적으로 닫아주거나 열어줄수 없겠는가?
2. 전자석에 감은 동줄의 질량과 길이를 구하려고 한다. 감은 줄은 풀수 없다. 전원,전류계, 전압계, 마이크로메터를 가지고 결정하여라.

10. 빛의 반사법칙 알아보기

목 적

이 실험에서는 거울에서 빛이 반사할 때 반사각과 입사각이 같다는것을 확증한다.

기초지식

빛은 곧추 나가며 매질의 경계면에서 반사한다. 이때 입사빛선, 반사빛선, 경계면에 세운 수직선은 한 평면우에 놓이며 반사각과 입사각은 같다. 반사각과 입사각이 같다는것을 실험적으로 확증하기 위하여 면이 매끈한 평면거울을 리용한다.

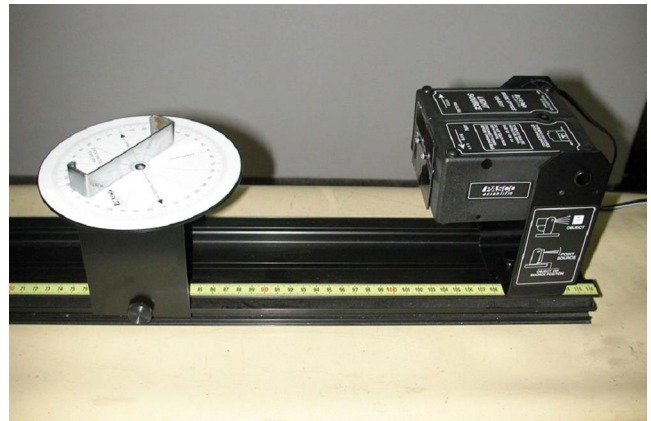
기구 및 재료

기하광학대(광원, 실틈이 1개 있는 가림판과 3개 있는 가림판, 평면거울, 각도눈금판, 받침대, 고정틀 2개), 전원(12V), 흰종이

실험방법

1) 광원에서 나오는 빛줄기가 선명하게 나가도록 조절한다. 먼저 3개 실틈이 있는 가림판을 광원렌즈앞에 끼우고 빛줄기가 선명하게 평행으로 나가는가를 알아본다. 이때 가열선조가 실틈방향에 평행으로 놓이도록 전등을 돌리고 렌즈사이거리를 조절하여 3개 빛줄기가 평행이 되도록 조절한다. 다음 3개 실틈을 뽑고 1개 실틈이 있는 가림판을 바꾸어 끼운다. 만일 레이자광원을 쓰면 우의 조작이 필요없다.
2) 그림 14와 같이 받침대를 설치한다. 이때 받침대우에 각도눈금판을 올려놓고 거울을 각도눈금판의 두 수직선이 사귀는 점과 일치되는 직선우에 거울면이 수직으로 놓이도록 한다.

그림 14. 빛의 반사법칙 실험장치

3) 광원스위치를 닫고 빗선이 거울면이 놓인 눈금판의 중심을 비치도록 조절한다. 그리고 입사각이 20°인 경우 반사빛선이 지나는 각도눈금판의 눈금을 읽는다.
4) 각도눈금판을 조금씩 돌려 입사각을 달리하면서 그때마다 반사각을 읽는다. 여기서 각도눈금판을 돌릴 때마다 눈금판의 중심이 입사점과 일치하도록 해야 한다.
5) 반사빛선이 지나는 길에 입사선, 경계면에 세운 수직선이 한 평면이 되지 않도록 흰종이를 기울여보면서 반사빛선이 나타나는가를 본다.

결과 및 분석

1) 측정된 입사각, 반사각을 표에 기록하고 해당한 결론을 내린다.

실험번호	입사각(α)	반사각(β)	결 과 ($\alpha=\beta$)
⋮			

2) 입사빛선, 반사빛선, 경계면에 세운 수직선이 한 평면에 놓이는가를 관측결과를 놓고 따진다.

과 제

1. 반사빛선이 지나갈 자리로 빛을 거꾸로 비칠 때에도 빛의 반사법칙이 성립하겠는가를 실험하여 보고 대답하여라.
2. 거울(각도눈금판)을 10°, 20°씩 돌릴 때 입사각이 어떻게 변하는가? 입사빛선과 반사빛선사이의 각은 어떻게 변하는가? 실험하여 보고 대답하여라.

11. 거울에 의한 영상의 자리찾기

목 적

이 실험에서는 평면거울에 의한 물체의 영상이 맺히는 자리를 찾는 방법을 알아낸다.

기초지식

물체의 한 점에서 나온 두 빛선이 평면거울에서 반사되여 눈에 들어올 때 그 두 빛선을 반대로 연장하여 사귀는 점이 물체의 영상점이다. 그것은 눈에 들어오는 빛선들이 영상점에서 나오는것처럼 느껴지기때문이다.

그러므로 영상점을 알려면 물체에서 나와 거울면에서 반사되는 2개의 반사빛선을 찾아 그것을 반대로 연장하여 사귀는 점을 찾으면 된다.

기구 및 재료

평면거울(또는 평면유리판), 거울세움대 2개, 흰종이, 나무판, 바늘 3개, 분도기, 자, 연필, 압정 4개

실험방법

1) 나무판우에 흰종이를 압정으로 고정하고 그우에 평면거울을 거울세움대에 끼워 수직으로 세운다. 그리고 연필로 종이우에 반사면을 표시하는 직선 MN을 긋는다.

⚠ 직선 MN은 평면거울의 반사면과 일치해야 한다. 그러므로 거울의 뒤면에 은거울반

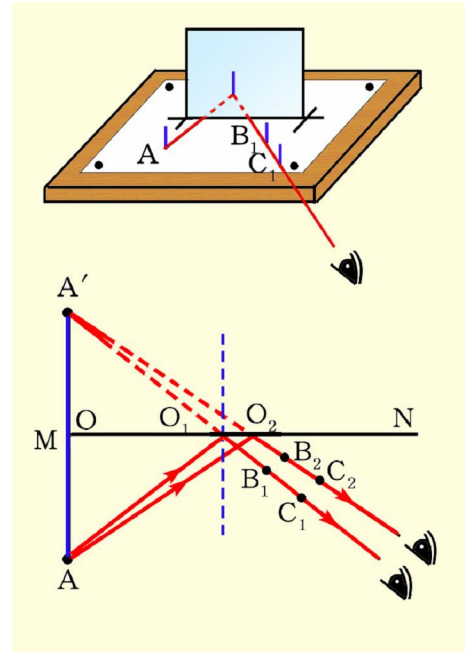
응한 거울에서는 거울의 뒤면과 일치해야 하며 증착거울에서는 증착면인 앞면과 일치해야 한다. 그리고 거울대신 평면유리판을 쓰는 경우에는 빛이 앞면과 뒤면에서도 반사되므로 영상이 2중으로 나타난다. 그런데 앞면에서의 반사가 더 세므로 선명하게 보이는 영상을 선택하고 앞면이 직선 MN과 일치하여야 한다.

2) 거울앞의 임의의 자리(거울면으로부터 5~15cm 거리)에 바늘을 수직으로 꽂고 그의 밑점을 A로 표시한다. 다음 거울속의 바늘의 영상을 보면서 영상이 가리워지는 자리에 다른 바늘을 꽂고 그의 밑점을 B_1로 표시한다. 그리고 영상과 B_1점에 꽂은 바늘이 가리워지는 자리에 세번째 바늘을 꽂고 그의 밑점을 C_1로 표시한다.(그림 15)

그림 15. 거울에 의한 영상의 자리를 찾는 법

3) B_1, C_1에 꽂은 바늘을 뽑고 눈의 시선을 약간 오른쪽으로 옮기고 거울속의 영상을 바라보면서 영상이 가리워지는 자리에 우와 같은 방법으로 바늘을 꽂아 그의 자리 B_2, C_2을 표시한다.

4) 거울을 치우고 B_1, C_1와 B_2, C_2을 지나는 직선을 각각 긋는다. 이 직선들이 거울면 MN과 사귀는 점을 각각 O_1, O_2로 표시하고 A와 O_1, O_2을 지나는 직선 AO_1, AO_2을 긋는다.

5) 직선 B_1O_1, B_2O_2을 연장하여 사귀는 점 A′를 찾는다.

결과 및 분석

1) 나무판에서 종이를 떼내여 실험보고서에 붙인다.

2) 실험에서 얻은 영상의 자리는 어느 점이며 왜 그런가를 밝힌다.

3) A와 A′를 련결하고 MN와 사귀는 점을 O라고 하고 AO와 OA′를 재여 거리가 같은가를 알아본 다음 영상의 자리에 대한 결론을 내린다. 그리고 실험에서 있을수 있는 오차원인을 밝힌다.

과 제

1. 거울면을 표시하는 직선 MN은 거울의 앞면을 표시해야 하는가, 뒤면을 표시해야 하는가?

2. 거울을 쓰지 않고 거울속에 생기는 영상의 자리를 찾자면 어떻게 해야 하는가를 그려보아라.

3. 평면유리판앞에서 초불을 켜고 꼭같은 크기의 불을 달지 않은 초를 가지고 초불의 영상점을 찾자면 어떻게 하면 되겠는가? (그림 16) 실지 실험해보고 찾아보아라.
4. 거울을 보면서 v의 속도로 다가가면 거울에 생긴 영상은 어떤 속도로 어느쪽으로 움직이는것으로 보이겠는가?

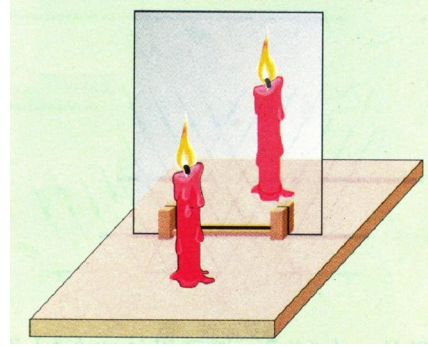



그림 16. 초불에 의한 영상점찾기

12. 볼록렌즈에 의한 영상 알아보기

목 적

이 실험에서는 볼록렌즈에 의한 물체의 영상을 관찰하면서 영상의 크기와 자리가 무엇에 관계되는가를 알아보고 렌즈의 공식을 검토한다.

기초지식

렌즈로부터 물체까지의 거리를 a, 영상까지의 거리를 b, 초점거리를 f 라고 하면 렌즈의 공식은 다음과 같다.

$$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f} \qquad (1)$$

렌즈로부터 영상까지의 거리는 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$b=\frac{af}{a-f} \qquad (2)$$

렌즈의 초점거리 f가 주어진 경우 영상까지의 거리 b는 물체까지의 거리 a에 따라 달라진다. 물체까지의 거리가 $a<f$인 경우 b는 부의 값을 가진다. 이것은 영상이 물체쪽에 생긴다는것을 말한다. 물체의 크기를 h, 영상의 크기를 h'라고 하면 영상의 배률은 다음과 같다.

$$N=\frac{h'}{h}=\frac{b}{a} \qquad (3)$$

초점거리 f가 주어진 경우 물체의 자리에 따르는 영상의 자리를 찾아내면 렌즈의 공식을 확증할수 있다.

기구 및 재료

기하광학대(초점거리 10cm인 볼록렌즈, 광원, 비춤판, 화살모양의 실틈판, 고정틀 3개), 자, 전원(12V)

실험방법

1) 그림 17과 같이 광학대우에 기구들을 설치한다. 광원에 화살모양의 실틈판을 끼우고 화살과 비춤판의 중심이 렌즈의 빛축에 놓이도록 기구들의 높이를 조절한다.

만일 볼록렌즈의 초점거리를 모르는 경우에는 다음과 같은 방법으로 초점거리를 구한다. 우선 렌즈의 빛축에 평행으로 해빛(혹은 광원)을 비치게 하고 렌즈뒤에 비춤판을 움직여 제일 밝고 작은 점이 나타났을 때 렌즈로부터 이 점까지의 거리가 초점거리이다. 혹은 렌즈를 눈가까이로부터 천천히 멀리 가져가면서 될수록 멀리 있는 물체를 볼 때 물체가 바로 보이다가 영상이 없어진 다음 다시 거꾸로 보인다. 물체의 영상이 없어졌을 때 눈과 렌즈까지의 거리가 초점거리이다.

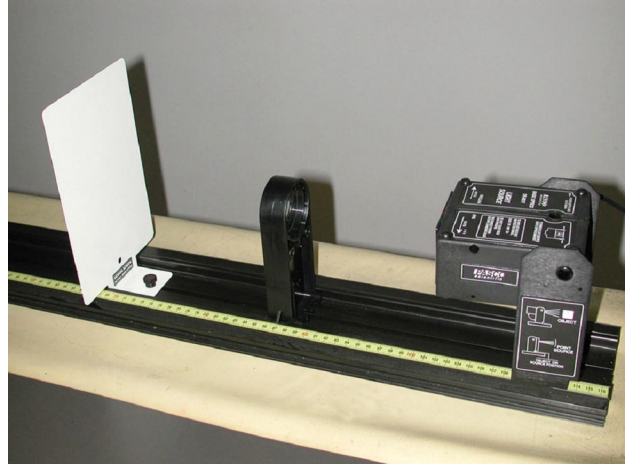



그림 17. 볼록렌즈에 의한 영상 알아보기장치

2) 렌즈로부터 초점거리의 2배보다 먼거리($a>2f$)에 화살을 놓고 비춤판을 움직여 비춤판에 화살의 영상이 정확히 맺히는 자리를 찾는다. 이때 렌즈로부터 화살까지의 거리 a와 영상까지의 거리 b를 측정한다. 그리고 화살의 크기 h와 영상의 크기 h'를 측정한다. 똑똑한 영상자리를 찾기 위해 화살모양의 실틈에 머리카락을 가로 붙여놓을수 있다.

3) 초점거리의 2배보다는 작고 초점거리보다는 큰 거리($2f>a>f$)에 화살을 놓고 비춤판을 움직여 영상을 찾은 다음 a와 b를 측정한다. 그리고 영상의 크기 h'를 측정한다.

4) 렌즈의 초점거리보다 가까운 거리($a<f$)에 화살을 올려놓고 영상을 찾아본다. 이때에는 비춤판에 영상이 맺히지 못하므로 비춤판을 치우고 비춤판쪽에서 렌즈를 통하여 눈으로 영상을 본다. 그리고 초점거리보다 가까운 거리안에서 화살을 렌즈쪽으로 옮기면서 허영상의 크기와 자리를 알아본다.

결과 및 분석

1) 측정결과를 표에 기록하고 해당한 관계를 밝힌다.

실험번호	물체까지 거리		영상까지 거리		어떤 영상					$\frac{1}{a}+\frac{1}{b}$	$\frac{1}{f}$
	a [cm]	f 와의 관계	b [cm]	f 와의 관계	배 률			바로, 거꾸로	실, 허		
					h [cm]	h' [cm]	$\frac{h'}{h}$				
1		$a>2f$									
2		$2f>a>f$									
3		$a<f$									

2) 측정결과에 기초하여 다음의 결론이 옳은가를 따져보아라.

(1) 물체까지의 거리가 $a>2f$ 이면 거꾸로 선 작아진 영상이 f 와 $2f$ 사이에 생기며 물체가 더 멀어질수록 더 작은 실영상이 초점거리가까이에 생긴다.

(2) 물체가 $2f>a>f$ 사이에 있으면 거꾸로 선 커진 실영상이 $2f$ 보다 먼거리에 생기며 초점에 다가갈수록 더 큰 영상이 먼곳에 생긴다.

(3) 물체가 초점거리의 두배 되는 거리에 있을 때 영상의 크기는 물체의 크기와 같으며 자리는 $2f$ 되는 곳에 생기며 $a=f$ 이면 영상이 생기지 않는다.

(4) 물체까지의 거리가 $a<f$ 이면 바로 선 커진 허영상이 보이며 물체가 렌즈에 다가갈수록 허영상이 더 작게 보인다.

(5) 물체까지의 거리 a, 영상까지의 거리 b, 초점거리 f 사이에는 $\frac{1}{a}+\frac{1}{b}=\frac{1}{f}$ 의 관계가 성립한다.

과 제

1. 볼록렌즈를 뒤집어놓으면 영상이 달라지는가? 실험하여보아라. 여기서 무엇을 알수 있는가?
2. 렌즈의 일부를 가리워도 영상이 생기는가? 가리우지 않았을 때와 무엇이 다른가? 실험하여보고 대답하여라.
3. 물체와 비춤판의 자리를 바꾸어도 비춤판에 선명한 영상이 맺히겠는가?

13. 스펙트르와 색빛의 합성 알아보기

목적

이 실험에서는 흰색빛이 여러가지 색빛들의 모임이라는것과 3원색빛들로 여러가지 색빛들을 얻을수 있다는것을 확증한다.

기초지식

흰색빛이 지나는 길에 프리즘을 놓으면 흰색빛이 여러가지 색빛들로 갈라진 빛스펙트르를 이룬다. 이것을 다시 렌즈로 한곳에 모으면 흰색빛으로 된다.

이것은 흰색빛이 여러가지 단색빛들로 이루어졌다는것을 의미한다. 빛의 3원색(붉은색, 풀색, 남색)을 한곳에 모두 고르롭게 비추면 흰색으로 된다. 그리고 3원색빛을 적당한 비률로 혼합하면 모든 색갈의 빛을 다 얻을수 있다.

기구 및 재료

기하광학대(광원, 실틈 1개가 있는 가림판, 3원색실틈 3개가 있는 가림판, 고정틀 4개), 비춤판, 3각프리즘, 볼록렌즈(f =10cm), 전원(12V), 팽이, 색원판(여러개)

실험방법

빛스펙트르 알아보기

1) 그림 18과 같이 한개 실틈(너비 2~3mm)이 있는 가림판을 광원통에 설치하고 비춤판과 실틈사이에 3각프리즘을 설치하여놓는다. 그리고 프리즘과 비춤판을 조절하여 비춤판에 빛스펙트르를 얻는다.

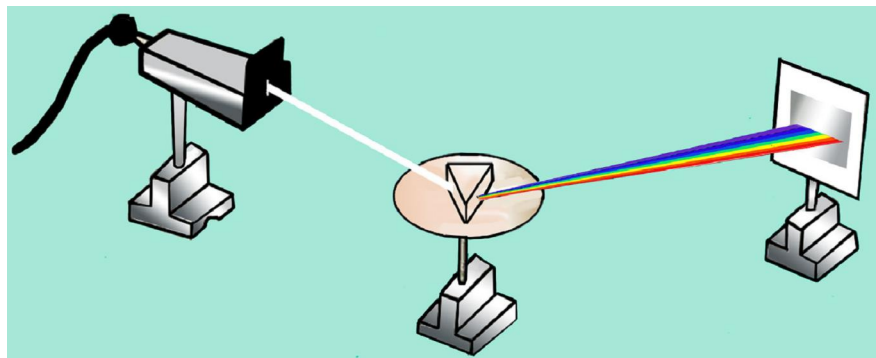



그림 18. 빛스펙트르 얻기 위한 실험장치

2) 흰종이를 가지고 빛이 프리즘에 들어가기 전에 어떤 색의 빛인가를 확인한다.
3) 프리즘과 비춤판사이에 볼록렌즈를(프리즘으로부터 10cm 밖에) 놓고 비춤판의 자리를 조절하여 비춤판에 영상을 얻는다.(그림 19)

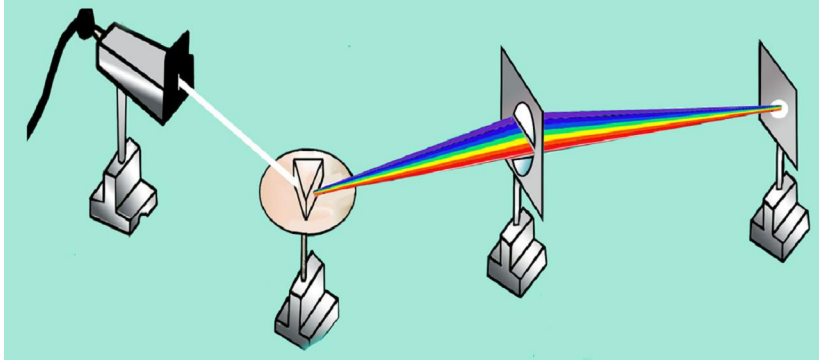
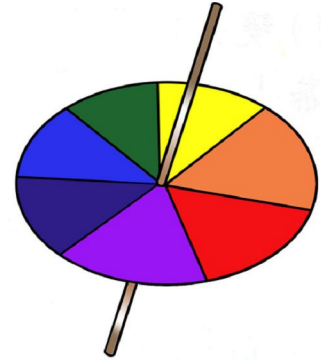



그림 19. 빛스펙트르의 합성장치　　　　　그림 20. 7색팽이

4) 팽이에 빛스펙트르의 색갈과 같은 붉은색, 감색, 누른색, 풀색, 푸른색, 남색, 보라색을 칠한 색원판을 설치하고 팽이를 돌린다.(그림 20)
그리고 색원판이 어떤 색을 띠는가를 알아본다.

빛의 3원색합성 알아보기

1) 그림 21과 같이 붉은색, 풀색, 남색 3가지 색의 실틈이 있는 가림판을 광원통에 설치하여 3원색의 평행빛을 얻는다. 광원과 비춤판사이에 볼록렌즈를 놓고 비춤판을 조절하여 3원색이 한 점에 모이게 할 때 어떤 색의 빛이 나타나는가를 알아본다.

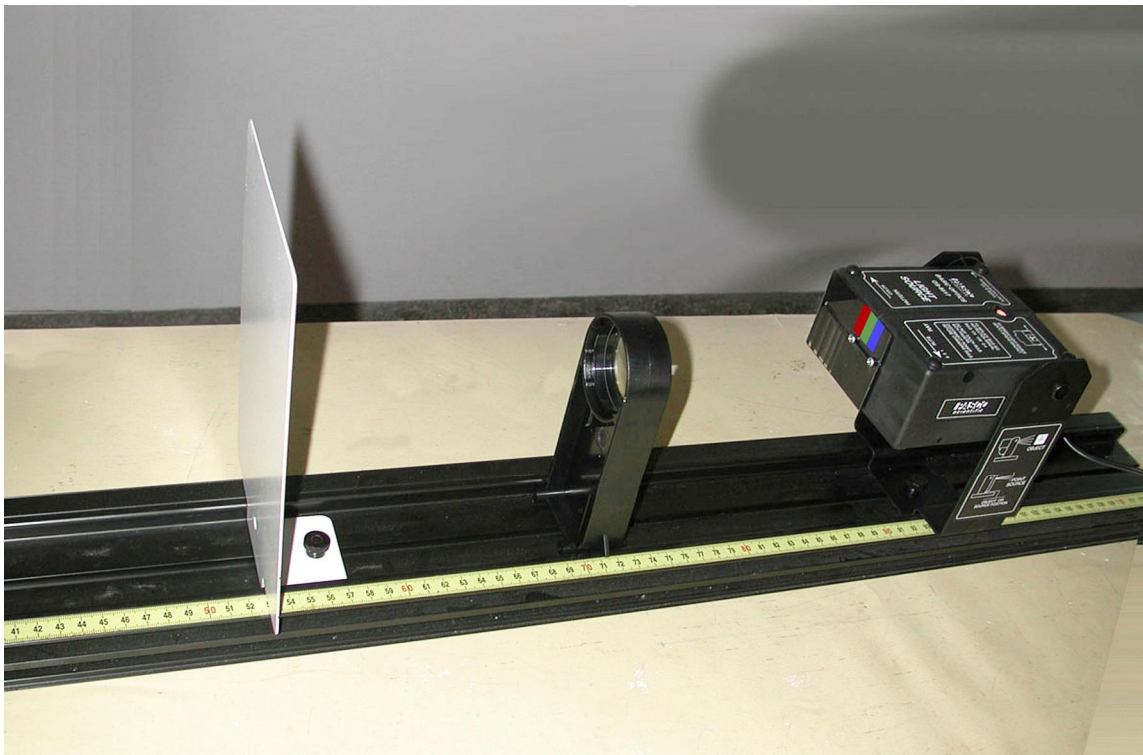



그림 21. 빛의 3원색합성 알아보기장치

2) 붉은색, 풀색, 남색을 같은 비률로 칠한 3색원판을 팽이에 꽂고 팽이를 돌리면서 3색원판이 어떤 색을 띠는가를 본다.(그림 22)

3) 3원색원판에 칠한 3가지 색갈의 비률이 다른 판을 바꾸어 꽂고 팽이를 돌리면서 색갈을 알아본다.

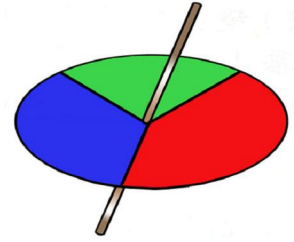



그림 22. 3 색팽이

결과 및 분석

빛스펙트르 알아보기

1) 빛이 프리즘을 지나가기 전과 후에 나타난 빛의 색갈에 대한 관측결과를 기록하고 흰색빛이 어떤 색빛들로 이루어졌는가를 밝힌다.

2) 팽이에 7가지 색갈을 칠한 원판을 끼우고 돌릴 때 나타난 결과를 기록하고 왜 그렇게 되겠는가를 따진다.

빛의 3원색 알아보기

1) 3원색의 평행빛을 렌즈로 모을 때 비춤판에 나타난 관측결과를 기록하고 그 리치를 따진다.

2) 여러가지 3원색원판을 팽이에 끼우고 돌릴 때의 관측결과를 기록하고 왜 그런가를 따진다.

과 제

1. 프리즘으로 비춤판에 스펙트르를 받은 다음 다음의 경우에 어떤 색빛이 남겠는가를 실지 실험해보고 왜 그런가를 밝혀라.
   ㄱ) 실틈을 붉은색유리로 가리울 때
   ㄴ) 비춤판을 붉은색종이로 가리울 때
2. 극장에서 쓰는 색조명의 리치를 설명하여라.
3. 3색팽이를 돌려 흰색갈을 얻으려고 하였는데 흰색이 잘 나타나지 않았다. 무엇때문인가?

찾아보기

발전기	99	generator	генератор
발열량	25	calorific value	калорийность
병렬회로	67	parallel circuit	параллельная цепь
복사열	22	radiant heat	теплота излучения
볼록거울	141	convex mirror	выпуклое зеркало
부도체	43	nonconductor	непроводник
북극(N극)	87	north pole	северный полюс
불투명체	133	opaque body	непрозрачное тело
비 열	10	specific heat	удельная теплоёмкость
비저항	57	specific resistance	удельное сопротивление
빛스펙트르	164	optical spectrum	оптический спектр
빛의 굴절	146	refraction of light	преломление света
빛의 반사	137	reflection of light	отражение света
빛의 반사법칙	137	law of reflected light	закон отраженного света
빛의 3원색	164	three primary colors of light	три основных цвета света
빛의 직진	133	straight progress of light	прямое продвижение света
빛 축	142	optical axis	оптическая ось
배률(또는 선배률)	156	ratio of magnification	коэффициент увеличения
상 선	101	phase line	фазовая линия
선 륜	92	coil	катушка
소리색갈	123	tone	тон
소리띠	129	sound of photography	фотографии звука
소리의 세요소	121	three elements of sound	звуковый три элемент
속그늘	136	umbra	полная тень
수렴렌즈	149	convergent lens	собирательная линза
시 각	158	visual angle	угол зрения
실영상	143	real image	действительное изображение
색감의 3원색	168	three primary colors of pigment	три основных цвета пигмента
세로파	119	longitudinal wave	продольная волна
자 극	87	magnetic pole	магнитный полюс
자기마당	88	magnetic field	магнитное поле
자기힘	88	magnetic force	магнитная сила
자력선	89	line of magnetic force	магнитная силовая линия
자 화	89	magnetization	намагничивание